



UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR



INGENIERÍA INFORMÁTICA

PROYECTO FIN DE CARRERA

***SAMAD***

Sincronización Automática de mensajes de  
audiodescripción.

**Autor:** Pedro José Hipólito Jiménez  
**Tutor:** Luis Puente Rodríguez









# Agradecimientos

Parte del éxito de este proyecto es fruto del apoyo que me ha brindado mucha gente. Especialmente querría acordarme en este momento de los que incondicionalmente han estado siempre cerca alentándome al esfuerzo y animándome cada día.

Me gustaría agradecer a mis padres la oportunidad que me han brindado para llegar hasta aquí con su motivación diaria y su paciencia infinita en los momentos más duros.

No me puedo olvidar de las dos personas que para mí son como los hermanos que nunca tuve, Marco y Diego. Gracias por darme esa fuerza que solo vosotros conocéis pero sobre todo gracias por ser quienes sois.

A Luis, porque su ayuda y el haber podido aprender de él en estos meses ha hecho que nunca tirase la toalla en los peores momentos. Es un orgullo para mí haber trabajado a su lado y haber aprendido de su experiencia, sin él este día no podría haber llegado.

Este trabajo va dedicado a todos vosotros.



# Índice:

|         |  |    |
|---------|--|----|
| 1.      | Introducción .....                                   | 13 |
| 2.      | La Audiodescripción. ....                            | 15 |
| 2.1.    | Entornos de uso de la audiodescripción. ....         | 15 |
| 3.      | Descripción del problema.....                        | 19 |
| 4.      | Objetivo del proyecto.....                           | 21 |
| 5.      | Estado de la técnica.....                            | 23 |
| 6.      | Alcance del proyecto.....                            | 25 |
| 7.      | Metodología de trabajo.....                          | 27 |
| 8.      | Estudio de viabilidad.....                           | 29 |
| 8.1.    | Identificación de los interesados en el sistema..... | 29 |
| 8.2.    | Estudio de la solicitud.....                         | 29 |
| 8.3.    | Estudio de la situación actual.....                  | 30 |
| 8.4.    | Estudio de la solución.....                          | 30 |
| 8.5.    | Posibles alternativas.....                           | 31 |
| 8.6.    | Alternativa elegida.....                             | 34 |
| 8.7.    | Planificación.....                                   | 35 |
| 8.8.    | Presupuesto.....                                     | 39 |
| 9.      | Requisitos de usuario.....                           | 43 |
| 10.     | Análisis del problema.....                           | 45 |
| 10.1.   | Definición del domino.....                           | 45 |
| 10.2.   | Entorno operacional.....                             | 48 |
| 10.3.   | Análisis Funcional.....                              | 49 |
| 10.3.1. | Nivel Contextual.....                                | 50 |
| 10.3.2. | Sistema SAMAD.....                                   | 51 |
| 10.3.3. | Gestor de sincronización .....                       | 53 |
| 11.     | Requisitos de Software.....                          | 55 |
| 12.     | Diseño de la solución.....                           | 57 |
| 12.1.   | Arquitectura.....                                    | 57 |
| 12.2.   | Modelo de detalle.....                               | 59 |
| 12.3.   | Objetos existentes en el sistema.....                | 68 |
| 12.4.   | Diagrama de clases.....                              | 70 |
| 12.5.   | Diagrama de secuencia.....                           | 72 |
| 13.     | Evolución de la algoritmia.....                      | 74 |
| 13.1.   | Comparación de la señal de audio.....                | 74 |
| 13.2.   | Tratamiento de la señal de audio.....                | 76 |
| 13.3.   | Estimación del tiempo de proyección.....             | 78 |
| 13.4.   | Problemática de la librería DirectSound.....         | 79 |
| 14.     | Especificación de pruebas del sistema.....           | 81 |
| 14.1.   | Descripción del banco de pruebas.....                | 81 |
| 14.2.   | Listado de pruebas unitarias.....                    | 82 |



|         |   |     |
|---------|---|-----|
| 15.     | Informe de resultados.....  | 89  |
| 15.1.   | Graficas y datos relevantes obtenidos.....  | 89  |
| 15.1.1. | Pruebas de velocidad.....   | 89  |
| 15.1.2. | Pruebas de Ruido.....   | 93  |
| 15.1.3. | Pruebas de distorsión.....  | 98  |
| 15.2.   | Resumen de resultados.....  | 101 |
| 16.     | Conclusiones.....   | 103 |
| 17.     | Futuras líneas de trabajo.....  | 105 |
| 18.     | Conclusiones personales.....  | 107 |
| 19.     | Apéndice A. Catálogo de requisitos de usuario.....                                      | 109 |
| 20.     | Apéndice B. Catálogo de requisitos de software.....                                     | 113 |
| 21.     | Apéndice C. Matrices de trazabilidad.....   | 117 |
| 22.     | Anexo A. Características técnicas de las librerías y el software usado en el desarrollo | 121 |
| 22.1.   | DirectX.....  | 121 |
| 22.1.1. | DirectX 10.....   | 121 |
| 22.2.   | Sound Forge .....   | 122 |
| 22.3.   | Acid PRO .....  | 124 |
| 23.     | Presupuesto resumido.....   | 127 |
| 24.     | Planificación GANTT .....   | 128 |
| 25.     | Referencias.....  | 129 |



## Índice de figuras:

---

|   |    |
|---|----|
| Figura 8.1 - Diagrama GANTT simplificado.....                               | 38 |
| Figura 10.1 - Esquema de proyección de celuloide en 35mm.....               | 45 |
| Figura 10.2 - Esquema de proyección digital.....                            | 46 |
| Figura 10.3 - Imagen del receptor inalámbrico de sonido.....                | 47 |
| Figura 10.4 - Esquema de sala de proyección digital.....                    | 47 |
| Figura 10.5 - Diagrama contextual del sistema.....                          | 48 |
| Figura 10.6 - Imagen de la información mostrada a través de la consola..... | 50 |
| Figura 10.7 - DFD Diagrama de contexto.....                                 | 50 |
| Figura 10.8 - Diagrama DFD 1: Sistema.....                                  | 51 |
| Figura 10.9 - DFD 2: Gestor de sincronización.....                          | 53 |
| Figura 12.1 - Diagrama de arquitectura de la aplicación.....                | 57 |
| Figura 12.2 - Esquema del Modelo conceptual.....                            | 61 |
| Figura 12.3 - Diagrama de clases UML.....                                   | 70 |
| Figura 12.4 - Diagrama de secuencia UML (instanciación).....                | 72 |
| Figura 12.5 - Diagrama de secuencia UML.....                                | 73 |
| Figura 13.1 - Gráfica de comparación de tramas de sonido.....               | 74 |
| Figura 13.2 - Gráfica de verosimilitud.....                                 | 75 |
| Figura 13.3 - Gráfica de verosimilitud conflictiva.....                     | 75 |
| Figura 13.6 – Señal de audio.....   | 77 |
| Figura 13.7 – Envolvente de la señal de audio.....                          | 77 |
| Figura 14.1 - Esquema del Banco de pruebas.....                             | 81 |



## Índice de tablas:

---

|   |     |
|---|-----|
| Tabla 8-1 - Identificación de los interesados en el sistema. ....           | 29  |
| Tabla 8-2 - Asignación de tareas a roles y cargas de trabajo. ....          | 37  |
| Tabla 8-3 - Precios hora de cada rol. ....                                  | 39  |
| Tabla 8-4 - Desglose de cálculo de costes de RR.HH. ....                    | 40  |
| Tabla 8-5 - Precio final. ....  | 42  |
| Tabla 14-1 - Especificación de pruebas de velocidad. ....                   | 83  |
| Tabla 14-2 - Especificación de pruebas de ruido. ....                       | 85  |
| Tabla 14-3 - Especificación de pruebas de distorsión. ....                  | 86  |
| Tabla 15-1 - Resumen de resultados. ....                                    | 101 |
| Tabla 21-1 - Matriz de trazabilidad de RS a RU. ....                        | 117 |
| Tabla 21-2 - Matriz de trazabilidad de Procesos a RU. ....                  | 117 |
| Tabla 21-3 - Matriz de trazabilidad de RS a Procesos. ....                  | 118 |
| Tabla 21-4 - Matriz de trazabilidad de RU a Flujos y bancos de datos. ....  | 119 |
| Tabla 21-5 - Matriz de trazabilidad de RS a Flujos y bancos de datos. ....  | 120 |
| Tabla 21-6 - Matriz de trazabilidad de RS a Elementos arquitectónicos. .... | 120 |
| Tabla 23-1 - Precio final. ....   | 127 |



## 1. Introducción

---

En la actualidad existen grandes barreras que impiden a las personas con una deficiencia sensorial llevar la misma vida que cualquier otra. Un claro ejemplo de esta situación se produce cuando uno de estos individuos acude a una sala de proyección con la intención de disfrutar de una sesión cinematográfica. Para un invidente su incapacidad para ver las imágenes provoca que no pueda acceder la información que se transmite mediante ellas.

Cuando las personas con deficiencia auditiva acuden a una proyección cinematográfica hallan serias dificultades para recibir la información contenida en la banda sonora (diálogos, música, etc.) de la propia película. En la actualidad la técnica del subtitulado aporta una solución a dicho inconveniente, con ella mediante una o dos líneas de texto situadas sobre la imagen, se transmite a los espectadores con disminución auditiva la parte más significativa del diálogo junto con los sonidos de ambiente de una película.

En el mismo contexto, sin poder ver sus imágenes, para una persona invidente comprender una película proyectada en una sala de cine resulta de gran dificultad, ya que en numerosas ocasiones las imágenes son empleadas como el único medio por el cual el artista transmite información al espectador. La Audiodescripción presenta así una solución al problema, gracias a ella y a través locuciones que narran lo que está ocurriendo en la pantalla se consigue hacer llegar al invidente una descripción detallada del instante en el que se encuentra la obra.

Actualmente, las salas cinematográficas con sistema de proyección digital son las únicas que están realizando sesiones con audiodescripción. En cambio, las salas con proyectores de celuloide no tienen dicha posibilidad ya que como se verá en este proyecto sus limitaciones técnicas no se lo permiten.

El volumen de salas que únicamente tienen proyector de celuloide se sitúa a día de hoy en torno al 70%. La postura que se está adoptando en ellas para proporcionar el servicio de audiodescripción es realizar su reproducción de modo “manual”. Un locutor lee en directo cada mensaje audiodescriptivo en el momento de la película que le corresponde. Esto supone un esfuerzo muy grande que provoca que apenas haya sesiones audiodescritas en este tipo de sesiones. Todo ello induce a un grave problema de integración en la sociedad ya que a causa de la deficiencia sensorial las personas invidentes, éstas no pueden acudir al cine en unas condiciones equivalentes a las que disponen las personas sin ninguna discapacidad de este tipo.

El proyecto “*Sincronización automática de los mensajes de audiodescripción*” (SAMAD) quiere aportar una solución a la dificultad que tiene una persona ciega para poder disfrutar de una sesión de cine y a su vez favorecer a los exhibidores permitiéndoles aumentar su cuota de negocio.



## 2. La Audiodescripción.

---

Debido a su discapacidad las personas invidentes no tienen acceso a la gran cantidad de información visual que proporcionan los acontecimientos de su entorno, sean estos una proyección cinematográfica, una visita guiada, una interpretación teatral... La audiodescripción es una técnica que les facilita el acceso a dichos acontecimientos con las mismas garantías de calidad que pudiera tener una persona que ve correctamente. Para lograr contrarrestar el déficit sensorial del individuo la técnica de audiodescripción permite a la persona discapacitada acceder a la información de un modo fácilmente asimilable mediante narraciones que describen los rasgos más relevantes de la situación.

Cada mensaje audiodescriptivo no solo detalla aspectos puntuales para comprender lo que se está viendo, sino también aporta datos sobre paisajes, arquitectura, vestuario, decoración, actitudes emocionales de la gente, etc.

Para crear una audiodescripción, un guionista especializado estudia previamente el acontecimiento a describir, con ello confecciona un guión compuesto por mensajes sonoros y los instantes en los que deben reproducirse posteriormente por un locutor. De este modo cuando la proyección tiene lugar el discapacitado visual puede seguir el hilo de lo que se está exhibiendo y obtener toda la información en el momento.

Actualmente las audiodescripciones se encuentran presentes en la mayoría de medios de comunicación, ocio, arte y cultura. La forma de emitirlas hacia el oyente variará según el tipo de acontecimiento y los soportes de comunicación que se utilicen para la transmisión.

La Norma UNE 153020:2005 "*Audiodescripción para personas con discapacidad visual. Requisitos para la audiodescripción y la elaboración de audioguías*". Establece los requisitos de calidad que deben tener en cuenta las instituciones, empresas y profesionales que trabajen en la elaboración de producciones audiodescritas.

### 2.1. Entornos de uso de la audiodescripción.

#### Instalaciones de carácter cultural.

El área artística y cultural es uno de los ámbitos donde se produce una alta concentración de elementos visuales. En los museos, exposiciones o rutas turísticas existe la posibilidad de que un guía acompañe al visitante relatándole aspectos profundos y detallados de la pieza que están observando o el lugar donde se encuentran en ese momento. Este servicio suele ser solicitado por personas que ven correctamente, aunque también puede ser de especial utilidad para el acceso a la información por parte del colectivo invidente.

Siguiendo este concepto y en el intento de facilitar accesibilidad a las personas invidentes a estos lugares, se ha creado el sistema de audioguía. Su objetivo es intentar

independizar a la persona con deficiencia visual de la disponibilidad de un individuo que le asesore como guía. Este servicio no se orienta únicamente a personas ciegas, si no que al igual que el guía, este también puede ser disfrutado por gente capaz de ver correctamente.

Para crear la audioguía es necesario tener debidamente identificadas cada una de las piezas y lugares que se exhiben o visitan, un locutor las describe y posteriormente son almacenadas en un dispositivo de reproducción.

Para que el visitante disminuido visual pueda escuchar la audioguía, se le entrega un reproductor portátil con teclado adaptado para facilitar la selección de opciones dejándole las manos libres para tocar las piezas. El reproductor contiene grabada la información necesaria para desplazarse por el recorrido, además de las audiodescripciones correspondientes.

Los Parques Naturales suelen contar con centros de visitantes cuya disposición se asemeja a la de un museo o exposición, por lo que en ellos también es útil el uso del sistema de audioguía.

### Teatro.

Por la propia condición de “interpretación teatral” se debe tener en cuenta que para realizar la audiodescripción no se puede intervenir en el desarrollo de la obra. Ésta es la razón por la que no sea posible establecer un patrón que automatice la reproducción. Asimismo se debe considerar también que los tiempos de interpretación en ningún caso son exactamente iguales y sus desviaciones pueden llegar a ser del orden de varios minutos.

Para generar la audiodescripción se confecciona un guión en el cual se establecen los momentos de reproducción de cada una de los mensajes, para ello hay que buscar los espacios de silencio, los periodos en los que únicamente suena música o cualquier otro instante en el que el audio no se solape con el dialogo de los personajes.

El sonido de las audiodescripciones no puede ser enviado al patio de butacas donde sería molesto para los espectadores, debe transmitirse selectivamente a las personas invidentes que acceden a la sala. Para ello, a la entrada de la misma se les proporciona un equipo inalámbrico de recepción de sonido que tiene conectado un auricular ultraliviano el cual debe colocar en una de sus orejas, dejando la otra libre para escuchar sin impedimento el sonido directo del escenario. Este es el mismo sistema que se utiliza en algunas salas V.O. para hacer llegar a las personas que lo soliciten la banda sonora de la versión doblada.

A esos dispositivos se les envían los mensajes de audiodescripción, son emitidos en directo por un locutor ubicado una cabina insonorizada desde donde puede ver el escenario y así describir lo que ocurre en él.



### Televisión.

La televisión también puede proporcionar el servicio de audiodescripción para personas con deficiencia visual. Dicho servicio es proporcionado en programas, series, documentales, películas, reportajes, etc. En este medio de comunicación hay que diferenciar la forma de actuar entre los programas emitidos en directo y los emitidos en diferido. Para los primeros, la locución de la audiodescripción es completamente improvisada y realizada en directo por una persona que este viendo la emisión, mientras que para los segundos se estudian los momentos en los que deben ser reproducidas y se elabora un guion compuesto por los mensajes sonoros y los instantes de tiempo a los que corresponde su reproducción.

Mediante la emisión de señal analógica se empleaba el sistema dual para la emisión de las audiodescripciones. Uno de los canales del audio Stereo emitía el sonido de la banda sonora original mientras que el otro transportaba esta misma banda unida a la audiodescripción que ha sido previamente mezclada en el estudio de realización.

También han existido programas de radio que fomentaron la audiodescripción para televisión. En ellos el locutor veía la película emitida e iba narrando lo que ocurría en ella. De este modo los espectadores que se encontraban en sus casas podían escuchar a través de la radio la audiodescripción de todo lo que estaban viendo. Un ejemplo de esto es el programa dirigido por Manuel Martín Ferrand llamado “*Sábado Cine*” que a través de TVE en colaboración con RNE llevaban a cabo esta tarea.

La aparición de la televisión digital terrestre ha facilitado notablemente el proceso de audiodescripción. El uso de canales de idioma ha favorecido a ello permitiendo transmitir el sonido en diferentes lenguas. El sonido de la audiodescripción mezclado con la banda sonora original es tratado como un idioma más y transmitido a través de uno de ellos.

En el ámbito de la televisión se introduce el inconveniente de la reproducción selectiva, ya que todos los usuarios deberán escuchar las audiodescripciones emitidas. De este modo se crea un producto enfocado únicamente para el uso y disfrute de personas ciegas o discapacitados visuales, debido a que ambas pistas sonoras (la original y la audiodescriptiva) no pueden ser separadas selectivamente en función del receptor.

### Películas en Video y DVD.

La audiodescripción también está presente los soportes de reproducción de video empleados en el ámbito doméstico.

Al existir diferentes formatos de video, el modo de manejar las audiodescripciones en cada uno de ellos es distinto. En las cintas de video se introduce una nueva pista de audio paralela que se añade a la banda magnética de la película. Actualmente el soporte del video está en desuso y el avance del tiempo ha dado paso al uso de los soportes de almacenamiento y reproducción digitales. Con la introducción del DVD se ha conseguido salvar la barrera de la separación de las pistas de audio. Una vez grabadas las audiodescripciones, estas son insertadas



en una pista diferente que se añade de manera independiente al disco. Mediante el menú de navegación de la película, del mismo modo que se puede cambiar la selección del idioma o cualquier otro parámetro de reproducción, se debe habilitar la posibilidad de reproducción de audiodescripciones.

Los menús de navegación del DVD se deben adaptar para las personas ciegas de modo que sean audionavegables y les permitan moverse por ellos sin dificultad mientras se les dicta en voz alta cada una de las opciones prestadas.

De este modo se salva la posibilidad que no tenía el video para dar la opción de reproducir audiodescripciones, pudiendo enfocar el producto a los diferentes usuarios. En cambio en ambos formatos se mantiene el problema de la reproducción selectiva de éstas, ya que durante la película se sigue sin poder dirigirlas únicamente a las personas con deficiencia visual.

Las salas comerciales de cine que poseen sistemas de proyección digital, se usa el formato de DVD para la reproducción de sus películas. En estos casos gracias a los equipos de sonido que poseen dichas salas si tienen la capacidad de hacer un reparto selectivo de la audiodescripción. La señal de sonido se redistribuye a una serie de dispositivos inalámbricos receptores de audio que han sido entregados a las personas invidentes a su entrada en la sala. De esta forma son capaces de obtener toda la información de la película sin tener que molestar a sus acompañantes para que se lo cuenten.

### 3. Descripción del problema.

---

La dificultad de entender una película sin poder ver las imágenes que se proyectan en la pantalla provoca que en la actualidad apenas haya personas con discapacidad visual que se animen a ir al cine a entretenerse con una de ellas. Por ello precisan de un acompañante que les describa lo que está ocurriendo en la trama. Estamos en una época en que la comunicación visual inunda nuestro entorno y ello podría llevar a las personas visualmente discapacitadas a encontrarse cada vez más aisladas de las dinámicas que se producen a su alrededor. La reproducción de audiodescripciones de forma simultánea a la proyección de una película aportaría a las personas invidentes la información a la cual no son capaces de acceder por no poder ver la secuencia de imágenes proyectadas.

El volumen de salas de cine que únicamente poseen proyectores de celuloide de 35mm en la actualidad se sitúa en torno al 70%. Estos aparatos de proyección poseen limitaciones técnicas que son debidas por su funcionamiento básicamente mecánico lo que provoca grandes inconvenientes a la hora de integrar la reproducción automática de audiodescripciones dentro de su alcance.

Técnicamente, la banda sonora es el conjunto de sonidos de fondo que acompañan a una película, contiene los diálogos, efectos de sonido y la música de ésta. Alberga una banda de sonido internacional con la música y los efectos sonoros comunes a todos los países donde se proyecta, no así los diálogos, a fin de su posterior doblaje en el país de destino. Físicamente es la tira óptica o magnética impresa a la izquierda de los fotogramas que almacena todos los sonidos del filme. Está compuesta por:

- **Banda musical.** Contiene grabada la música de una película.
- **Banda de efectos.** Contiene los sonidos correspondientes a los efectos sonoros excluyendo los diálogos.
- **Banda de diálogos.** Alberga los diálogos que interpretan los actores de la película.

Como se puede comprobar, en las cintas de celuloide de 35mm no se ha previsto la posibilidad de introducir una banda de audiodescripción y mucho menos distribuir selectivamente ese sonido entre los espectadores del patio de butacas según sus deficiencias sensoriales. Tampoco existe un elemento ajeno que sea capaz de sincronizarse con el proyector y se encargue de reproducir cada mensaje de audiodescripción cuando llega el momento oportuno. Por esta razón no se pueden tener las grabaciones de los mensajes de audiodescripción previamente almacenados en un dispositivo, para posteriormente reproducirlos en cada una de las sesiones de proyección que se hacen de la película.

De este modo, las sesiones de cine audiodescritas se están realizando únicamente en salas con sistemas de proyección digital o por el contrario, en aquellas cuyo proyector es de celuloide se actúa del mismo modo que en el caso del teatro. Una persona que se halla en una habitación insonorizada y contigua a la sala de cine desde donde puede ver la pantalla, describe



en el momento lo que se va mostrando en ella. Cabe la posibilidad de que las audiodescripciones se encuentren ya grabadas en un dispositivo de almacenamiento y esta persona sólo se dedique a reproducirlas pulsando un botón cuando llegue el instante.

El gran inconveniente que esto supone, es que siempre debe haber un empleado en el habitáculo para realizar la locución o manipular el reproductor, lo que provoca un alto despliegue de recursos humanos teniendo en cuenta que cada película proyectada en una sala cinematográfica tiene del orden de 3 o 4 pases en un día.

Una mejora de esta tarea sería crear un sistema autónomo que realice la reproducción automática de cada mensaje de audiodescripción. Desafortunadamente los proyectores de celuloide de 35mm no están preparados para facilitar este trabajo. Todo ello se ve agravado por el hecho desfavorable de que su mecánica presenta unas velocidades de proyección que no son estables impidiendo estimar los momentos de reproducción de las audiodescripciones.

A pesar de ello el presente proyecto dará una solución a dicho inconveniente proporcionando una alternativa a la reproducción “manual” en salas con sistema de proyección de celuloide.

## 4. Objetivo del proyecto.

---

Mediante el uso de algoritmos de comparación de audio, la problemática que existe para la reproducción automática de audiodescripciones en una proyección cinematográfica de celuloide de 35mm puede ser solucionada. El objetivo del proyecto SAMAD será estudiar la precisión que tienen éstos al realizar dicho cometido.

Se deberá desarrollar una aplicación de consola que sirva como soporte de ejecución de dichos algoritmos. Con el objetivo de examinar su funcionamiento se deberá crear además un banco de pruebas que simule un escenario real de proyección. El banco de pruebas entregará información que permitirá determinar los límites en los cuales el funcionamiento de los algoritmos es el adecuado. Obviamente estos límites vendrán condicionados por los recursos de desarrollo del proyecto.

Siguiendo esta línea, el proyecto SAMAD promocionará el servicio de audiodescripción en las salas cinematográficas cuyo sistema de proyección sea de celuloide. Se pretende que cualquier persona con deficiencia visual disfrute de una proyección cinematográfica con unos mínimos de calidad en el acceso a la información que en ella se transmite. Todo ello supondrá a su vez una mejora en las instalaciones de proyección provocando así un incremento en la cuota de mercado del sector.

Para poder realizar una reproducción automática de manera simultánea a la proyección de la obra cinematográfica, previamente se conocen los instantes en los cuales se deben insertar los mensajes audiodescritos. Para que SAMAD pueda determinar con exactitud cuando se alcanzan esos instantes, se le debe indicar un punto de sincronización inicial a partir del cual tome una referencia estable del tiempo de proyección de la película. Una vez alcanzado dicho punto deberá mantener la sincronía hasta el final de la sesión, permitiéndole de esta manera realizar la reproducción de cada una de las locuciones en su debido momento.

Gracias al desarrollo de este proyecto no sólo se logra que el espectador ciego o discapacitado visual se independice y no necesite preguntar a un acompañante por lo se está proyectando, sino que también, se logra que reciba la información de modo que su mente no tiene que estar ocupada en deducirla a través del contexto, quedando libre para el disfrute y dejando que su emoción se integre en la película asemejándose así a la actitud del espectador vidente.



## 5. Estado de la técnica.

---

Hoy en día una de las actividades de ocio más extendidas es asistir a una sesión cinematográfica. Es por esta razón por la que se empieza a considerar a la industria del cine como un negocio en pleno esplendor que mueve al año grandes sumas de dinero en todo el mundo. A pesar de esta favorable situación, aún hoy es uno de los servicios que más limita el acceso a disfrutar de él a personas con unas discapacidades físicas de carácter sensorial, que les impiden entretenerse con una proyección del mismo modo que lo hace alguien sin ese tipo de invalidez. Sin embargo, las mismas técnicas que facilitan el desarrollo de la comunicación visual, sirven también para desarrollar sistemas descriptivos, cómodos y versátiles, que permiten recibir a través del oído los mismos mensajes visuales que un vidente recibe por la vista.

La reproducción simultánea de audiodescripciones durante la película es la técnica usada en las proyecciones cinematográficas para este cometido.

Las salas de exhibición que emplean esta técnica, facilitan a las personas con discapacidad visual un pequeño receptor inalámbrico de señal de radio que lleva conectados unos auriculares a través de los cuales se deben escuchar los mensajes sonoros. Esto permitirá hacer una reproducción selectiva de las audiodescripciones sin molestar al resto de usuarios que acuden a la sala. Los invidentes colocan el auricular en una de sus orejas para escuchar la audiodescripción en el momento oportuno y dejan la otra libre para poder seguir la banda sonora de la propia película. El modo de emitir los mensajes para hacérselos llegar a cada invidente viene condicionado por el tipo de proyector que tenga la sala donde se exhibe la película.

Las salas de cine que usan un sistema de proyección digital son idóneas para realizar sesiones audiodescritas y por ello son las que más están apostando por este servicio a pesar de no estar muy extendidas en el sector. Tienen la capacidad de realizar la reproducción de audiodescripciones de manera automática sin ningún tipo de intervención humana. Esto se consigue gracias a que la película viene almacenada en un soporte digital donde se encuentran recopilados individualmente todos los elementos de los que se compone el filme junto con una nueva pista de sonido que contiene las audiodescripciones. Durante el visionado de la película, el proyector es capaz de separar cada elemento y reproducir dicha pista por un canal independiente reservado únicamente para ella. El audio de este canal es el que será enviado a los receptores que tienen las personas ciegas que están en su butaca dentro de la sala.

En el caso de las salas que tienen proyector de celuloide de 35mm la reproducción automática de las audiodescripciones se complica considerablemente debido a las características técnicas que tienen los propios aparatos. Se hace necesario un sistema autónomo que sea capaz de sincronizarse con el proyector para emitir las audiodescripciones en sus instantes correspondientes a lo largo de la película. Los sistemas de sonido Dolby y DTS, generaron un estándar para la creación de un sistema independiente de sincronización de audiodescripciones con películas proyectadas mediante celuloide de 35mm. Tristemente no tuvieron el éxito esperado y actualmente se encuentran descatalogados y en desuso.

A pesar de ello, la alternativa que se ha tomado para dotar del servicio de audiodescripción a estas salas, es llevarla a cabo de un modo manual asemejándose a como se viene haciendo en una representación teatral.

En la sala de cine se habilita un espacio insonorizado desde donde se puede ver la pantalla. Desde allí y usando un guión elaborado previamente, una persona con un micrófono narra en el momento indicado lo que se está viendo en la pantalla en un determinado momento. Esta locución es la que se envía a los receptores que poseen los invidentes que están escuchando la película en la sala.

El inconveniente que tiene esta solución, es que supone un desgaste demasiado grande para el locutor que se dedica a narrar las audiodescripciones de la película. Se debe tener en cuenta que una película de cine puede llegar a tener del orden de entre 3 y 4 pases diarios para una única sala de proyección. Para evitar esto, los mensajes de audiodescripción son locutados una sola vez para ser grabados y almacenados. De este modo la persona que esté en la habitación insonorizada de la sala de cine en lugar de hablar cada vez que se deba introducir una audiodescripción, ahora sólo tendrá que pulsar el botón de un reproductor para dar paso a la emisión del sonido de la audiodescripción que corresponda enviándosela así a los receptores inalámbricos de los ciegos de la sala.

La consecución de este proyecto pretende aportar una solución a la problemática que tienen los proyectores de celuloide con la reproducción automática de audiodescripciones.



## 6. Alcance del proyecto.

---

El sistema desarrollado aporta una solución al problema que tienen las personas invidentes para disfrutar de una sesión de cine en las mismas condiciones que lo haría alguien que no posee esa discapacidad.

A continuación y para el problema anteriormente descrito, se establece cuál será el alcance del proyecto.

### *El sistema será capaz de:*

- Reproducir audiodescripciones que se encuentran accesibles en el disco duro de un ordenador.
- Identificar un instante inicial de sincronización con el audio de la banda sonora de la película el cuál ha sido definido por el director de audiodescripción.
- Mantener la sincronización a lo largo del tiempo.

### *El sistema NO será capaz de:*

- Reproducir los mensajes de audiodescripción en los momentos oportunos cuando la diferencia entre el tiempo de proyección y el tiempo de reproducción sea mayor de 400ms.

Para realizar una evaluación de los algoritmos de sincronización y comprobar que el sistema reproduce de modo correcto las audiodescripciones, se implementará un banco de pruebas que permita validar y verificar su funcionamiento.



## 7. Metodología de trabajo.

El desarrollo del proyecto estará compuesto por varias tareas. En cada una de ellas se deberán llevar a cabo los trabajos necesarios para llegar a la solución del problema planteado. Concretamente no se seguirá ninguna metodología ya definida por lo que a continuación se muestra una lista detallada con la descripción de los hitos a realizar.

### TAREAS DEL PROYECTO

| Nombre                                  | Descripción  |
|---|--|
| <b>Plan de proyecto</b>                 | Elaboración del documento de Plan de proyecto. En él se establecen la definición del proyecto, el problema que se plantea y la solución para resolverlo, la planificación y un presupuesto de costes. Producto de salida: Documento de “Plan de proyecto”.   |
| <b>Estudio de viabilidad</b>            | Realización del estudio de viabilidad del proyecto. Se estudiarán las alternativas de desarrollo en función de las imposiciones propias del proyecto y se tomará la decisión definitiva sobre cual emplear.  |
| <b>Análisis del problema.</b>           | <p>Captura de requisitos de usuario. Se deben plasmar todas las necesidades exigidas por el sistema a desarrollar.</p> <p>Elaboración del documento de Análisis del sistema. Se describe en profundidad el problema planteado. Producto de salida: Documento de “Análisis detallado del sistema”.</p>  |
| <b>Diseño de la solución.</b>           | <p>Captura de requisitos de software. Tras las necesidades halladas en el análisis se detallarán los elementos software que las cubren.</p> <p>Elaboración del documento de Diseño detallado del sistema. Se establece la solución que se adoptará para dar solución al problema. Producto de salida: Documento de “Diseño detallado del sistema”.</p> |
| <b>Diseño del protocolo de pruebas.</b> | <p>Elaboración del documento de Pruebas del sistema. Se fija el procedimiento a seguir para realizar las pruebas del sistema. Producto de salida: Documento de “Pruebas del sistema”.</p> <p>Especificación de las pruebas unitarias y de aceptación. Producto de salida: Anexo al documento de Pruebas del sistema.</p>                               |



|                                  |  |
|----------------------------------|--|
| <b>Implementación piloto.</b>    | Programación de la aplicación de soporte para la algorítmica en el entorno de desarrollo. Producto de salida: Código fuente de la implementación del algoritmo de comparación.   |
| <b>Estudio de la algoritmia.</b> | <p>Se establecerán criterios de valoración de los algoritmos. Producto de salida: Comparativa de los algoritmos estudiados.</p> <p>Se determinará cuál es el mejor algoritmo para la tarea de sincronización. Producto de salida: Elección del algoritmo de comparación de señales.</p> <p>Codificación del algoritmo mejor valorado en la aplicación soporte. Producto de salida: código fuente para pruebas.</p> |
| <b>Ejecución de pruebas</b>      | Ejecución de las de pruebas de aceptación. Producto: Protocolo de pruebas cumplimentado.   |
| <b>Informe de resultados</b>     | Elaboración de un informe con los resultados obtenidos en las pruebas de aceptación. Producto de salida: Documento de “Informe de resultados finales”.   |
| <b>Memoria del proyecto.</b>     | Elaboración del documento de Memoria del proyecto. En él se refleja toda la información obtenida y los productos generados a lo largo del desarrollo del proyecto. Producto de salida: Documento de “Memoria del Proyecto”.  |

## 8. Estudio de viabilidad.

El objetivo del Estudio de Viabilidad del Sistema es el análisis de un conjunto concreto de necesidades para proponer una solución al problema.

### 8.1. Identificación de los interesados en el sistema.

|                            |  |
|----------------------------|--|
| <b>CESyA</b>               | Centro Español de Subtitulado y Audiodescripción. Entidad interesada en la explotación del proyecto.                             |
| <b>Operario de sala</b>    | Persona que interactúa con la aplicación en el habitáculo de proyección de la sala de cine comercial.                            |
| <b>Personas invidentes</b> | Individuos disminuidos visuales que acuden a la sala de cine a disfrutar de la película proyectada.                              |
| <b>Desarrolladores</b>     | Director del proyecto, Jefe del proyecto. Su interés se centra en la realización del PFC para la carrera ingeniería informática. |

Tabla 8-1 - Identificación de los interesados en el sistema.

### 8.2. Estudio de la solicitud.

La petición realizada por el CESyA se centra la creación de un sistema autónomo y automático capaz de reproducir audiodescripciones en unos instantes de tiempo determinados mientras se realiza la proyección de una película.

El sistema deberá:

- Poder recibir sonido mediante un cable de audio Jack.
- Poder enviar sonido a través de un cable de audio Jack.
- Seleccionar y reproducir audiodescripciones en función del instante de proyección de una película.

### 8.3. Estudio de la situación actual.

A día de hoy no existe ningún sistema autónomo que se dedique a la reproducción de audiodescripciones de forma automática en una sala de cine con proyector de celuloide de 35mm.

Las audiodescripciones en este tipo de salas están siendo realizadas por un locutor. Esta persona se sitúa en una habitación insonorizada contigua a la sala de proyección desde la cual puede ver la pantalla. Desde ahí, describe las imágenes proyectadas y envía la locución de forma selectiva a las personas invidentes que accedieron a la sala.

A medida que avanza la película va describiendo las imágenes y se envía el audio

### 8.4. Estudio de la solución.

Para llevar a cabo la implementación del sistema se debe tomar una decisión sobre cuáles son las herramientas que serán usadas en su fase de desarrollo y su fase pruebas. Se realizará una evaluación previa de las alternativas que existen actualmente para:

#### Fase de desarrollo.

- Lenguaje de programación.
- Entorno de desarrollo.
- Persistencia de información.
- Formato digital de audio.
- Librería de gestión de sonido.
- Dispositivo físico de almacenamiento.

#### Fase de pruebas.

- Software de edición de sonido.
- Software de captura de sonido.

## 8.5. Posibles alternativas.

### LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN

#### JAVA

Java es un lenguaje de programación orientado a objetos desarrollado por Sun Microsystems. El lenguaje en sí mismo toma mucha de su sintaxis de C y C++, pero tiene un modelo de objetos más simple y elimina herramientas de bajo nivel, que suelen inducir a muchos errores, como la manipulación directa de punteros o memoria.

#### Visual C++

Esta especialmente diseñado para el desarrollo y depuración de código escrito para las API's de Microsoft Windows, DirectX y la tecnología Microsoft .NET Framework. Visual C++ hace uso extensivo del framework Microsoft Foundation Classes, el cual es un conjunto de clases C++ para el desarrollo de aplicaciones en Windows. Está basado en C++, y es compatible en la mayor parte de su código con este lenguaje, a la vez que su sintaxis es exactamente igual.

#### C#

Lenguaje de programación orientado a objetos desarrollado y estandarizado por Microsoft como parte de su plataforma .NET, que después fue aprobado como un estándar por la ECMA e ISO. Su sintaxis básica deriva de C/C++ y utiliza el modelo de objetos de la plataforma.NET el cual es similar al de Java aunque incluye mejoras derivadas de otros lenguajes

### ENTORNO DE DESARROLLO

#### Visual Studio 2008

Microsoft Visual Studio es un entorno de desarrollo integrado (IDE, por sus siglas en inglés) para sistemas operativos Windows. Soporta varios lenguajes de programación tales como Visual C++, Visual C#, Visual J#, ASP.NET y Visual Basic .NET, aunque actualmente se han desarrollado las extensiones necesarias para muchos otros. Visual Studio permite a los desarrolladores crear aplicaciones, sitios y aplicaciones web, así como servicios web en cualquier entorno que soporte la plataforma .NET (a partir de la versión net 2002). Así se pueden crear aplicaciones que se intercomunican entre estaciones de trabajo, páginas web y dispositivos móviles.

#### Eclipse

Eclipse es un entorno de desarrollo integrado de código abierto multiplataforma para desarrollar lo que el proyecto llama "Aplicaciones de Cliente Enriquecido", opuesto a las aplicaciones "Cliente-liviano" basadas en navegadores. Esta plataforma, típicamente ha sido usada para desarrollar entornos de desarrollo integrados (del inglés IDE), como el IDE de Java llamado Java Development Toolkit (JDT) y el compilador (ECJ) que se entrega como parte de Eclipse (y que son usados también para desarrollar el mismo Eclipse).

## PERSISTENCIA DE INFORMACIÓN

|                    |   |
|--------------------|---|
| <b>Fichero XML</b> | Fichero de texto estructurado jerárquicamente que permite marcar la información mediante el uso de etiquetas. No necesita ser leído secuencialmente para acceder a un dato concreto ya que este siempre se encuentra identificado por su nodo jerárquico. |
|--------------------|---|

|                               |  |
|-------------------------------|--|
| <b>Fichero de texto plano</b> | Fichero de texto sin formato. No mantiene identificada la información que alberga en su interior por lo que el acceso a la misma debe ser mediante una lectura secuencial. |
|-------------------------------|--|

|                                  |  |
|----------------------------------|--|
| <b>Base de datos Access 2008</b> | Microsoft Access es un programa sistema de gestión de base de datos relacional creado y modificado por Microsoft para uso personal en pequeñas organizaciones. Es un componente de la suite Microsoft Office, aunque no se incluye en el paquete "básico". Una posibilidad adicional es la de crear ficheros con bases de datos que pueden ser consultados por otros programas. Dentro de un sistema de información, entraría dentro de la categoría de gestión, y no en la de ofimática, como podría pensarse. Este programa permite manipular datos en forma de tablas (la cual es la unión de filas y columnas), realizar cálculos complejos con fórmulas y funciones, incluso dibujar distintos tipos de gráficas. |
|----------------------------------|--|

## FORMATO DIGITAL DE AUDIO

|            |   |
|------------|---|
| <b>PCM</b> | Los formatos PCM contienen toda la información que salió del convertidor analógico a digital, sin ninguna omisión y por eso, tienen la mejor calidad. Dentro de esta categoría se encuentran los formatos WAV, AIFF, SU, AU y RAW (crudo). La diferencia principal que tienen estos formatos es el encabezado, alrededor de 1000 bytes al comienzo del archivo. |
|------------|---|

|            |  |
|------------|--|
| <b>mp3</b> | Es un formato de audio digital comprimido con pérdida. Descarta información que no es perceptible por el oído humano para lograr que el mismo fragmento de audio pueda ocupar en la memoria hasta una décima parte |
|------------|--|



### LIBRERÍA DE GESTIÓN DE SONIDO

|                |  |
|----------------|--|
| <b>DirectX</b> | Librería de Microsoft para el desarrollo de aplicaciones multimedia. |
| <b>JMF</b>     | Librería de JAVA para el desarrollo de aplicaciones multimedia.      |

### DISPOSITIVO FÍSICO DE ALMACENAMIENTO

|                   |   |
|-------------------|---|
| <b>CD</b>         | Soporte digital óptico utilizado para almacenar cualquier tipo de información. Pueden albergar hasta 80 minutos de audio (o 700 MB de datos)  |
| <b>DVD</b>        | Los DVD de capa simple pueden guardar hasta 4,7 gigabytes según los fabricantes en base decimal, y aproximadamente 4,38 gigabytes reales en base binaria o gigabytes, alrededor de doce veces más que un CD estándar. |
| <b>Disco duro</b> | Es un dispositivo no volátil, que conserva la información aun con la pérdida de energía, que emplea un sistema de grabación magnética digital. Su capacidad de almacenamiento puede llegar al orden de Terabytes.     |

### SOFTWARE DE EDICIÓN DE AUDIO

|                          |   |
|--------------------------|---|
| <b>Audacity</b>          | Aplicación de libre distribución para la edición de sonido digital. Aporta funciones básicas que pueden ser ampliadas mediante plugins personalizados.  |
| <b>Sony SoundForge 7</b> | Editor digital de audio desarrollado por Sony. Proporciona altas prestaciones facilitando el trabajo de edición de un modo rápido y sencillo. También permite la captura y grabación de sonido. |

### SOFTWARE DE CAPTURA DE AUDIO

|                       |   |
|-----------------------|---|
| <b>Sony ACID Pro.</b> | Editor digital de audio desarrollado por Sony. Proporciona altas prestaciones facilitando el trabajo de edición de un modo rápido y sencillo. También permite la captura y grabación de sonido. |
|-----------------------|---|

|                          |  |
|--------------------------|--|
| <b>Sony SoundForge 7</b> | Gestor de audio digital desarrollado por Sony. Permite la creación de soluciones que trabajen a la vez con varios archivos de sonido en lugar de hacerlo de uno en uno. Permite reproducción y captura simultánea. |
|--------------------------|--|

En el siguiente apartado se toma la decisión definitiva sobre cada una de los puntos planteados.

## 8.6. Alternativa elegida.

### Lenguaje de programación.

Visual C++. Ha sido elegido por recomendación de la dirección del proyecto. Es un lenguaje que permite realizar una gestión óptima de la memoria del ordenador. Proporciona la posibilidad de la programación orientada a objetos y posee una amplia comunidad de desarrollo para la consulta de documentación.

### Entorno de desarrollo

Visual Studio 2008 Entorno muy potente desarrollado por Microsoft. Permite fácilmente la creación y gestión de interfaces graficas, aplicaciones de consola, uso de componentes mediante librerías y un debugger con múltiples opciones.

### Persistencia de la información.

Ficheros XML. Al ser un fichero de texto etiquetado es de gran facilidad la obtención y la inserción de datos sobre él.

### Formato digital de audio.

PCM. Los archivos de audio con los que se va a trabajar son ficheros con extensión \*.wav que siguen el estándar marcado por dicho formato.

### Librerías de gestión de sonido.

SDK DirectX. La tecnología de desarrollo es propiedad de Microsoft lo que nos obliga a usar uno de sus componentes para tratar el audio. Este componente entre otras muchas opciones permite la captura de sonido mediante la entrada de línea de la tarjeta de audio de un ordenador.

### Dispositivo físico de almacenamiento

Disco duro. Actualmente no se va a trabajar con ningún dispositivo de almacenamiento portátil como pueda ser un CD o DVD pero debe tenerse en cuenta que la aplicación también debe funcionar mediante su uso. Del mismo modo que se trabaja con esos dispositivos, al disco duro solo se accederá en modo lectura ya que el programa no necesita hacer escrituras persistentes en memoria.

### Software de edición de audio

Sony Sound Forge. Gracias a su interfaz gráfico permite editar los archivos de sonido de un modo fácil y rápido. Viene dotado con múltiples capacidades y efectos para el tratamiento del audio.

### Software de captura de audio.

Sony ACID Pro. Es el único que permite reproducir y capturar audio al mismo tiempo.

## **8.7. Planificación.**

En este apartado se definirán los roles presentes en el proyecto SAMAD. Se debe tener en cuenta que únicamente se dispone de dos personas para su realización. También se establecerá la definición de tareas y su correspondiente duración.

### Definición de roles:

**Director de proyecto.** Coordinará la toma de decisiones y la línea de trabajo a seguir para la consecución del objetivo.

**Jefe de proyecto.** Será el encargado de gestionar las asignaciones de trabajo y el reparto de tareas en las que se divide el proyecto.

**Analista.** Estará encargado de extraer la información del sistema a los agentes interesados en su creación. También podrá participar en la fase de diseño y deberá trabajar conjuntamente con la persona encargada de él.

**Diseñador.** Deberá encargarse del diseño detallado del sistema. Estará presente en la fase de análisis y trabajar al mismo tiempo con el analista. A su vez será quién defina las pruebas a las que será sometido el sistema para validar y verificar su funcionamiento.

**Programador.** Codificará la información generada en la fase de diseño.



**Técnico de pruebas.** Con motivo de verificar que todo funciona correctamente y validar que la aplicación reproduce adecuadamente las audiodescripciones, éste ejecutará las pruebas establecidas por el diseñador.

*Asignación de roles al personal de RR.HH.*

**D. Luis Puente Rodríguez.**

- Director de proyecto.

**D. Pedro José Hipólito Jiménez.**

- Jefe de proyecto.
- Analista.
- Diseñador.
- Programador
- Técnico de pruebas.



*Asignación de tareas y cargas de trabajo.*

| Rol / Fase           | P.Proyecto | Estudio de viabilidad | Análisis | Diseño | Diseño de pruebas | Imp. Piloto | Valoración de algoritmos | Ejecución pruebas | Informe de resultados | Memoria del proyecto | Total Horas Rol |
|----------------------|------------|-----------------------|----------|--------|-------------------|-------------|--------------------------|-------------------|-----------------------|----------------------|-----------------|
| Director de proyecto | 1          | 1                     | 2        | 2      | 2                 |             |                          |                   |                       | 4                    | 12              |
| Jefe de proyecto     | 24         | 20                    | 16       | 8      | 4                 |             | 24                       |                   | 56                    | 160                  | 312             |
| Analista             |            |                       | 120      | 40     | 20                |             |                          |                   |                       |                      | 180             |
| Diseñador            |            |                       |          | 160    | 60                |             |                          |                   |                       |                      | 220             |
| Programador          |            |                       |          |        |                   | 240         |                          |                   |                       |                      | 240             |
| Técnico de pruebas   |            |                       |          |        |                   | 16          |                          | 60                |                       |                      | 76              |
| Total Horas Fase     | 25         | 21                    | 138      | 210    | 86                | 256         | 24                       | 60                | 56                    | 164                  | 1.040           |

Tabla 8-2 - Asignación de tareas a roles y cargas de trabajo.



## Diagrama GANTT

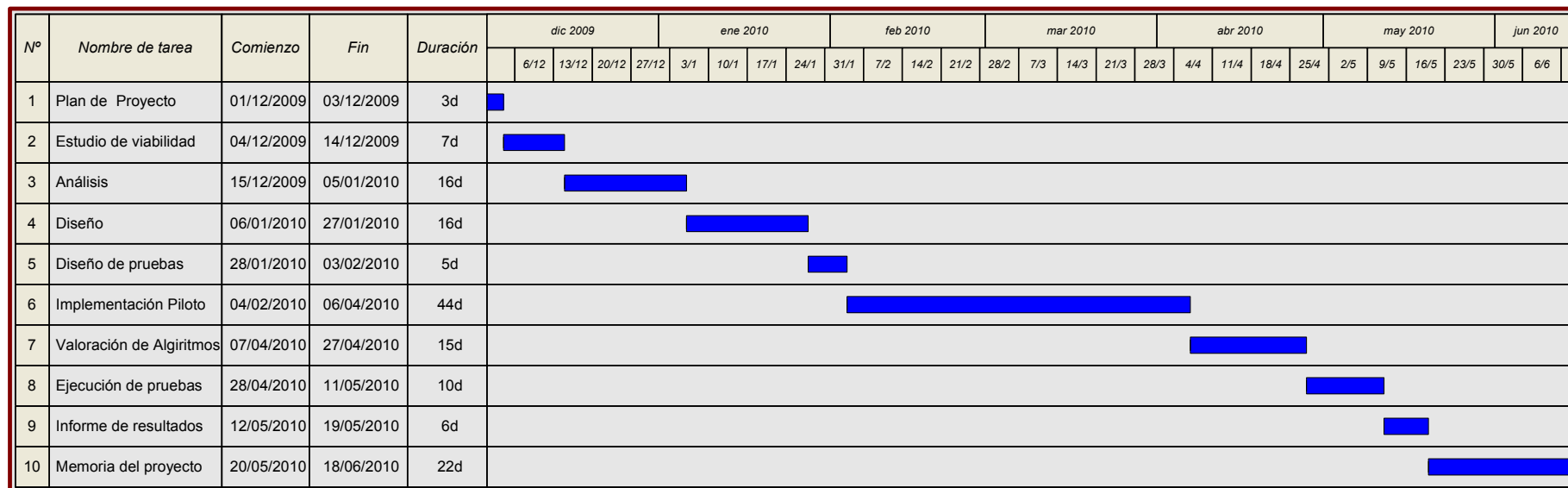


Figura 8.1 - Diagrama GANTT simplificado.

## 8.8. Presupuesto.

En este capítulo se desglosan los costes que acarrea el desarrollo del proyecto. Para ello se detalla por separado cada uno de los conceptos y se calcula finalmente el montante total al que asciende.

### *Presupuesto de RR.HH.*

El precio/hora de cada uno de los roles que intervienen en el proyecto se detallan en la tabla que se muestra a continuación.

| Nombre del Rol       | Precio/Hora (€) |
|----------------------|-----------------|
| Director de Proyecto | 60              |
| Jefe de Proyecto     | 50              |
| Analista             | 45              |
| Diseñador            | 45              |
| Programador          | 35              |
| Técnico de pruebas   | 25              |

**Tabla 8-3 - Precios hora de cada rol.**

En la siguiente página se encuentra la descomposición de costes de RR.HH. por cada una de las fases que compone el proyecto.



*Cálculo de costes RR.HH.*

| Rol / Fase           | P.Proyecto | Estudio de viabilidad | Análisis | Diseño | Diseño de pruebas | Imp. Soporte | Valoración de algoritmos | Ejecución pruebas | Informe de resultados | Memoria del proyecto | Total Horas Rol |
|----------------------|------------|-----------------------|----------|--------|-------------------|--------------|--------------------------|-------------------|-----------------------|----------------------|-----------------|
| Director de proyecto | 60         | 60                    | 120      | 120    | 120               |              |                          |                   |                       | 240                  | 720             |
| Jefe de proyecto     | 1.200      | 1.000                 | 800      | 400    | 200               |              | 1.200                    |                   | 2.800                 | 8.000                | 15.600          |
| Analista             |            |                       | 5.400    | 1.800  | 900               |              |                          |                   |                       |                      | 8.100           |
| Diseñador            |            |                       |          | 7.200  | 2.700             |              |                          |                   |                       |                      | 9.900           |
| Programador          |            |                       |          |        |                   | 8.400        |                          |                   |                       |                      | 8.400           |
| Tecnico de pruebas   |            |                       |          |        |                   | 400          |                          | 1.500             |                       |                      | 1.900           |
| Total Horas Fase     | 1.260      | 1.060                 | 6.320    | 9.520  | 3.920             | 8.800        | 1.200                    | 1.500             | 2.800                 | 8.240                | 44.620          |

Tabla 8-4 - Desglose de cálculo de costes de RR.HH.



### *Presupuesto de recursos materiales*

#### Costes de desarrollo.

Periodo de desarrollo: 7 meses.

- Ordenador Portátil. 1.000 €.
  - Marca: ACER.
  - Modelo: Aspire 5630.
  - Procesador: Intel Core Duo 1,86GHz.
  - Memoria RAM: 2GB.
  - Disco Duro: 120GB.
- Amortización del Portátil: 48 meses.

#### Coste Portátil de desarrollo:

$$\frac{20,83€}{mes} \times 7 meses = 145,81 €$$

- Licencias SW.
  - Windows Vista Business 32bit: 139€.
  - Visual Studio 2008 Professional: 800€.
  - Microsoft Office 2007 Professional: 649€.
  - Microsoft Project 2007 Professional: 799€.
  - Microsoft Visio 2007 Professional: 329€.
  - SONY Acid 7.0 Pro: 330€.
  - *TOTAL Licencias: 3.046 €.*
- Amortización del SW: 36 meses.

#### Coste Licencias de desarrollo SW:

$$\frac{3046 €}{36 meses} \times 4meses = 592,27 €$$

#### Material de implantación.

Para la implantación del proyecto en un escenario real será necesario el siguiente material. Su coste correrá a cargo del cliente.

- Ordenador de características mínimas:
  - Procesador: Intel Core Duo 1,86GHz.
  - Memoria RAM: 2GB.

Precio del ordenador: 1000 €.



Sistema Operativo: Windows Vista Business (139 €).

Framework .Net 3.0 (0 €).

Filtro de paso bajo a la entrada. Modelo Kenwood KAC-6104D (89€)

### *Coste final del proyecto*

| <i>Concepto</i>                 | <i>Coste</i>     |
|---------------------------------|------------------|
| RR.HH.                          | 44.620,00        |
| Mat. Desarrollo                 | 145,81           |
| Licencias                       | 592,27           |
| Gastos Generales (20% de RR.HH) | 8.924,00         |
| I.V.A. (16%)                    | 8.685,13         |
| <b>TOTAL</b>                    | <b>62.967,21</b> |

**Tabla 8-5 - Precio final.**

El coste TOTAL al que asciende el proyecto “*Sincronización automática de mensajes de audiodescripción*” es de: **Sesenta y dos mil novecientos sesenta y siete Euros con veintiún Céntimos.**

## 9. Requisitos de usuario.

---

En este apartado se establecen los requisitos que deberá cubrir el sistema que se va a desarrollar. El “Apéndice A. Catálogo de requisitos de usuario.” recoge de forma estructurada todos ellos.

Para permitir que una sesión de cine sea accesible conjuntamente a personas sin discapacidades sensoriales y personas que cuentan con algún tipo de deficiencia visual, es necesario aportar una solución a la problemática que plantea la reproducción automática y simultánea de audiodescripciones en las salas comerciales que emplean proyector de cine de celuloide de 35mm. Se deberá crear una aplicación que reproduzca de mensajes de audiodescripción en los instantes de la película que han sido marcados por el director de audiodescripción de la misma.

El sonido reproducido por el sistema deberá ser transmitido a los dispositivos-receptores entregados a las personas invidentes que entran en la sala de cine. Estos dispositivos llevan conectados unos auriculares a mediante los cuales se puede escuchar cómodamente el audio.

Los instantes de reproducción de las audiodescripciones estarán detallados en un registro el cual es elaborado por el director de audiodescripción. Durante la proyección SAMAD deberá determinar el mensaje de audiodescripción que corresponde a cada momento establecido en ese registro y reproducirlo.

Se define como “tiempo de proyección” la indicación temporal del fotograma mostrado por el proyector de cine. El “tiempo de reproducción” será una estimación del “tiempo de proyección”. Para que el sistema pueda reconocer el momento exacto en el que se debe introducir una audiodescripción, este deberá disponer de un reloj interno mediante el cual estimar el “tiempo de proyección”.

Debido a las características mecánicas de los proyectores de cine de 35mm, éstos no mantienen el ritmo de proyección constante. Estas variaciones pese a ser toleradas por el ojo y oído humanos provocan un desplazamiento significativo entre el tiempo de proyección y el tiempo real transcurrido. La banda sonora de la propia película también contiene escenas de silencio en las que no hay sonido. La variación en la velocidad junto con los tramos de silencio que existen durante la proyección puede provocar una descompensación entre los tiempos de proyección y reproducción. Ambos casos deben ser tolerados por el sistema de modo que se mantenga la sincronía dentro de unos límites.

Para calcular el tiempo de reproducción y sincronizar el reloj con el tiempo de proyección, SAMAD deberá comparar el audio de la banda sonora emitido por el proyector con una copia pregrabada de la misma que tiene alojada en su disco duro. Por esta razón el ordenador donde se ejecute la aplicación debe ser capaz de capturar el sonido transmitido por el proyector a través de un cable que lo comunica con él.

Conociendo las limitaciones de los recursos con los que se cuenta para el desarrollo del proyecto, se ha de estudiar qué alternativa ofrece los mejores resultados sobre los aspectos que se describen a continuación.

Se requiere que la señal de audio tenga un tratamiento previo a la comparación de sonido. Tanto el audio pregrabado como el capturado a través de la entrada de línea de la tarjeta de sonido han de ser preparados para dicha tarea.

El resultado de la comparación debe obtenerse gracias al uso de algoritmos que evalúen la semejanza entre dos señales de sonido.

El sistema deberá arrancar la sincronización entre los tiempos de proyección y reproducción en un instante de la película previo a la emisión de cualquier audiodescripción. Deberá examinar el audio capturado hasta identificar dicho momento, a partir del cual tendrá que iniciar la tarea de mantenimiento de la sincronía.

Dicha sincronía debe mantenerse a lo largo de toda la película de manera que cuando se alcance una secuencia de imágenes que precise de audiodescripción pueda realizarse su reproducción. Para llevar a cabo este cometido, SAMAD deberá apoyarse en el reloj interno que estima el momento al cual pertenece el fotograma visto en la pantalla.

El proceso de sincronía que realizará el sistema SAMAD deberá ser configurable de manera que adopte diferentes modos de ejecución. Ha de existir un método que permita cambiar fácilmente dichos modos. Para ello, debe crearse un lugar donde se indique antes de comenzar a ejecutarse el valor que deben tomar cada uno de los parámetros de ejecución con los que cuenta el programa. Será un fichero de texto en formato XML que permita plasmar la información de:

- Registro de instantes de reproducción de audiodescripciones.
- Configuración de los parámetros del sistema.
  - Instante de arranque de sincronía.
  - Algoritmo de comparación a emplear.
  - Duración de la captura de audio.

Para no perder el hilo de la proyección de la película, dos capturas consecutivas de audio han de solaparse. Para ello el tiempo de ejecución entre captura y captura no puede ser mayor que el tiempo de duración del audio capturado.

## 10. Análisis del problema.

En el presente apartado se detalla el análisis del problema que supone la sincronización de los mensajes de audiodescripción con la proyección cinematográfica de celuloide de 35mm.

### 10.1. Definición del domino.

Para realizar una sesión cinematográfica, es posible emplear dos sistemas distintos de proyección en función de cuál sea el soporte en el viene almacenado la película que se desea exhibir.

- **Sistema de Proyección de celuloide de 35mm.** Usa un dispositivo opto-mecánico para mostrar la película en una pantalla. La máquina proyecta, a intervalos regulares de pocas centésimas de segundo, un haz de luz sobre los fotogramas de una película de 35mm, ese haz de luz viene aumentado e invertido por una lente que enfoca la imagen resultante sobre una pantalla. También lee la banda magnética ubicada en cada fotograma que contiene el sonido de la película haciéndosela llegar al sistema de sonido.

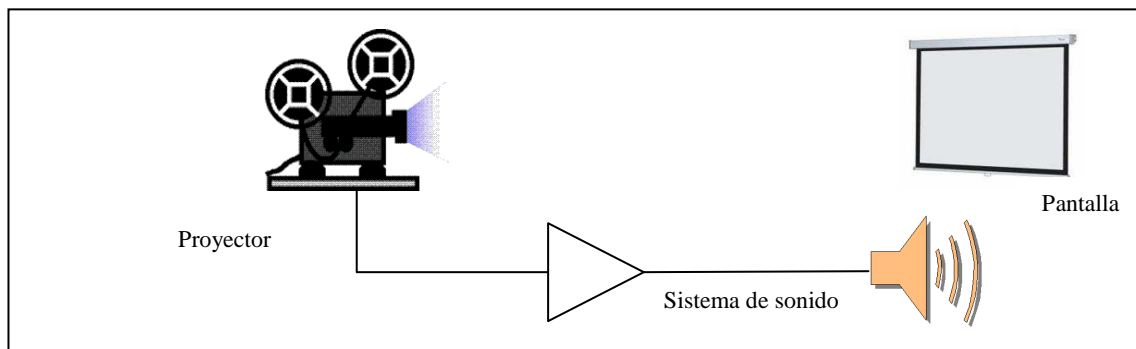


Figura 10.1 - Esquema de proyección de celuloide en 35mm.

- **Sistema de Proyección digital.** Es un sistema de proyección en el que no existen componentes mecánicos. Está compuesto por un ordenador capaz de leer la película y la banda sonora de ésta, los cuales se encuentran almacenados en un DVD. Por un lado La imagen es enviada al proyector para que este pueda plasmarla en la pantalla y por otro el sonido se reproduce a través de los altavoces del sistema de sonido para que pueda ser escuchado por los espectadores.

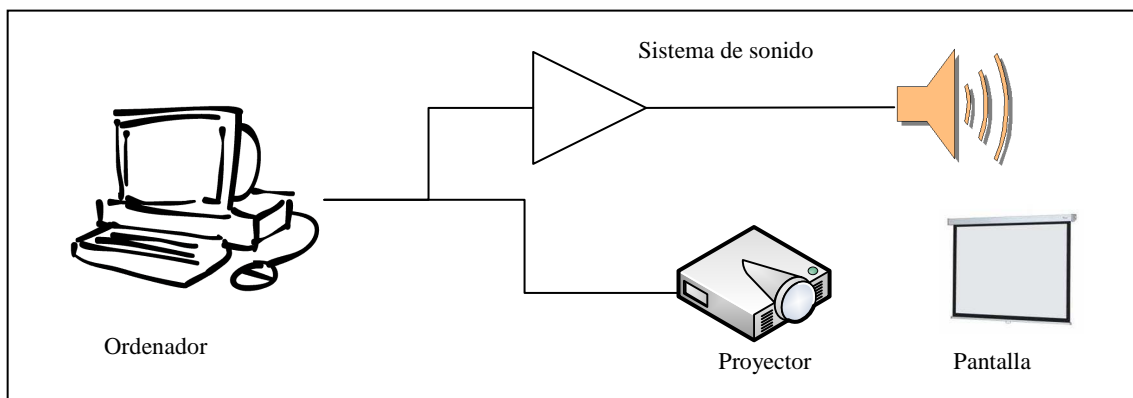


Figura 10.2 - Esquema de proyección digital.

Ambos sistemas de proyección comparten también elementos comunes como son el plano para ver las imágenes y el sistema de audio que reparte el sonido de la banda sonora entre los asistentes a la sesión cinematográfica. A continuación se hace una descripción más detallada de cada uno de ellos.

- **Pantalla de proyección.** Es el elemento de color blanco sobre el que se dibuja la imagen que muestra el proyector. Se sitúa a una determinada distancia de este último en función del tamaño de la imagen que se desea obtener. Algunas pantallas son curvas para evitar distorsiones geométricas, especialmente el efecto cojín de las lentes anamórficas.
- **Sistema de sonido.** Está compuesto por el amplificador de audio y los altavoces que se encuentran repartidos por la sala mediante los cuales se oye la banda sonora de la película. Es un sistema de sonido de alta fidelidad que obtiene la señal de audio de la salida stereo del proyector de cine en el caso de la proyección de celuloide de 35mm y de la tarjeta de sonido del ordenador en el caso de la proyección digital.

Sin embargo, el único sistema de los dos que tiene la capacidad de realizar la reproducción automática de audiodescripciones es el que emplea proyector digital en sus sesiones. Para ello hace uso de estos dos elementos:

- **Audiodescripción.** La audiodescripción es un servicio de apoyo a la comunicación que consiste en el conjunto de técnicas y habilidades aplicadas con objeto de compensar la carencia de captación de la parte visual contenida en cualquier tipo de mensaje,

suministrando una adecuada información sonora que la traduce o explica, de manera que el posible receptor discapacitado visual perciba dicho mensaje como un todo armónico y de la forma más parecida a como lo percibe una persona que ve.

- **Auricular inalámbrico.** Es el elemento mediante el cual las personas con una deficiencia visual que entraron en la sala reciben el sonido correspondiente a la audiodescripción de la película. Estos auriculares son entregados a los invidentes al inicio de la sesión. Físicamente están compuestos por una petaca receptora de señal de audio y un auricular que permite escuchar el sonido que es enviado por un sistema emisor.



Figura 10.3 - Imagen del receptor inalámbrico de sonido.

El siguiente esquema muestra el contexto de una sala con sistema de proyección digital la cual proporciona el servicio de audiodescripción para personas invidentes.

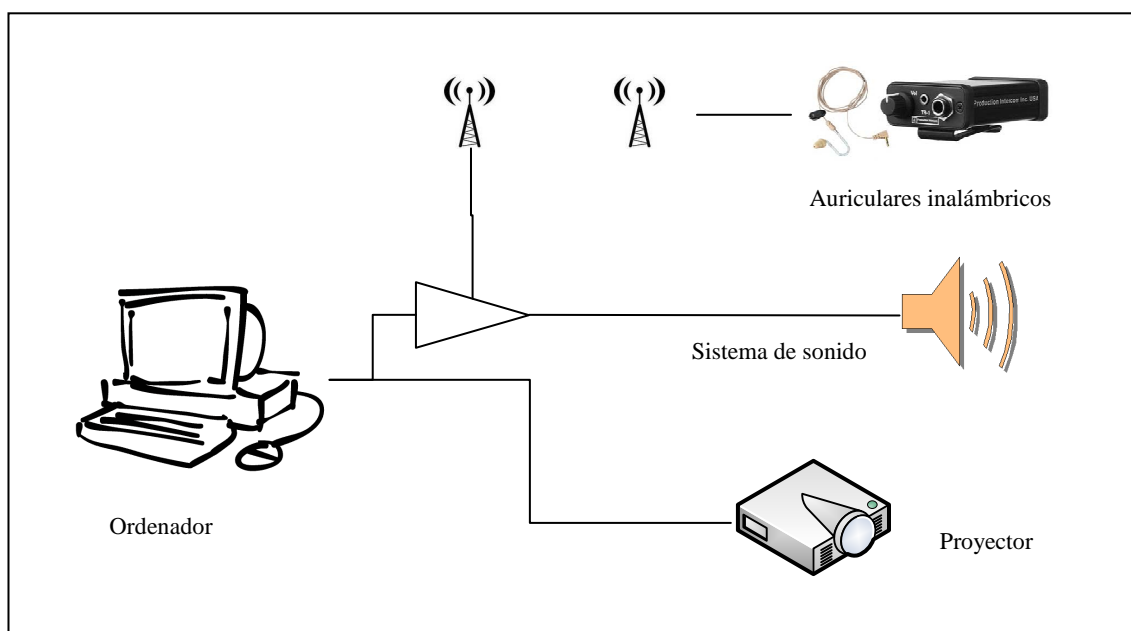


Figura 10.4 - Esquema de sala de proyección digital.

## 10.2. Entorno operacional.

El contexto en el cual trabajará el proyecto SAMAD será una fusión entre los dos sistemas de proyección existentes. De este modo a las salas con proyector de celuloide se las dotará con el servicio de reproducción automática y simultánea de audiodescripciones. A continuación se muestra un esquema explicativo de esta situación.

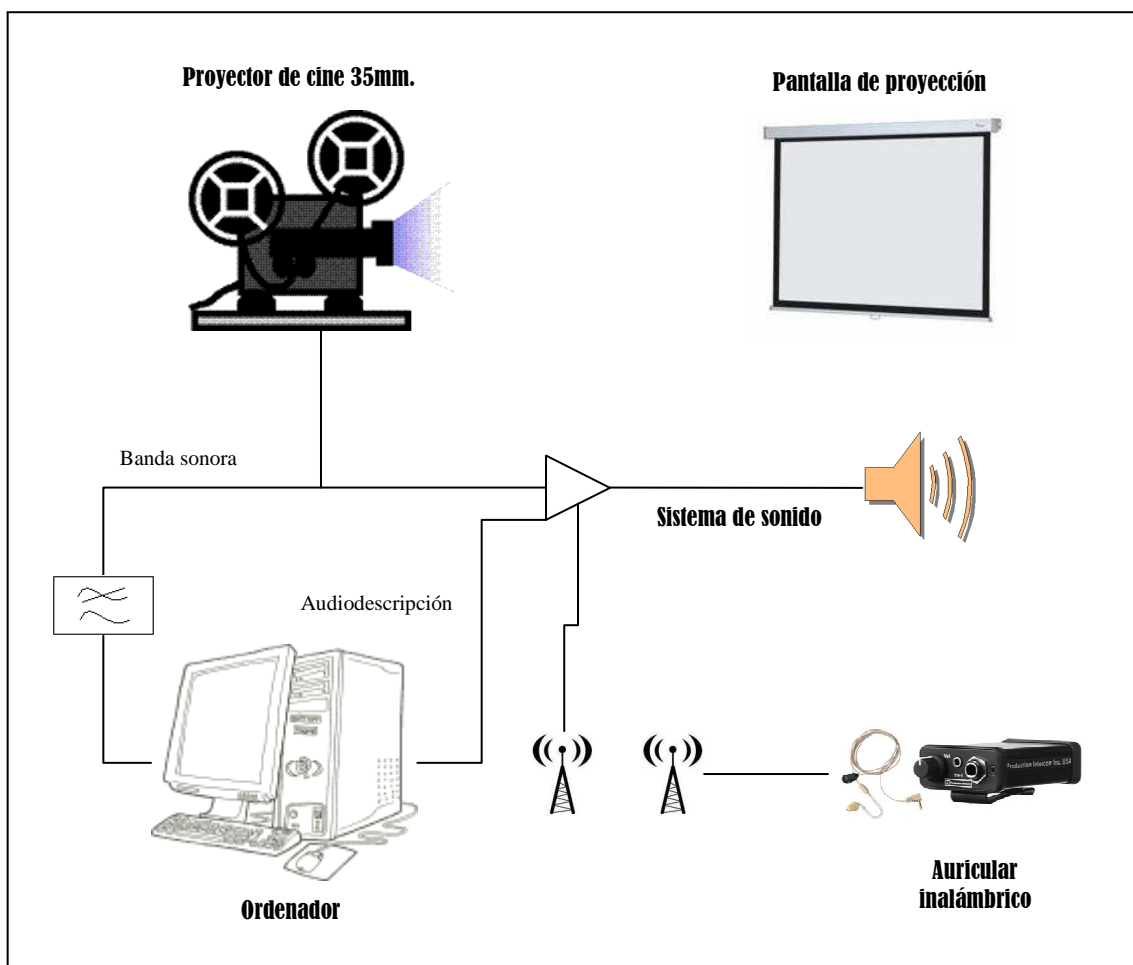


Figura 10.5 - Diagrama contextual del sistema.

Un aspecto muy importante a tener en cuenta, es que en la misma sala cinematográfica en la que se lleve a cabo la proyección de la película se encontrarán en el mismo momento personas con deficiencias visuales y personas sin este tipo de discapacidad, razón por la cual la reproducción de audiodescripciones debe realizarse selectivamente. Así, las personas que no precisen de la audiodescripción no se verán afectadas de ningún modo por la reproducción del sonido de éstas.



Las personas con deficiencia visual dispondrán de unos dispositivos inalámbricos a los que se enviará el sonido correspondiente a cada audiodescripción de la película. Éstos llevarán conectados unos auriculares para que cada una de ellas pueda ser escuchada. Al mismo tiempo, el audio de la banda sonora se reproduce a través de los altavoces del sistema de sonido instalado en la sala. De esta forma todos los espectadores que acudan a la sesión podrán escuchar los diálogos, la música y el resto de efectos que pertenecen a la película.

Un ordenador encargado de la emisión automática de las audiodescripciones deberá colocarse cerca del proyector. De este modo podrá obtener a través de su tarjeta de sonido el audio que éste reproduce y con ello estimar el momento idóneo para transmitir cada mensaje de audiodescripción. Con el fin de evitar distorsiones en la captura a través del cable que los comuniquen, se deberá instalar un filtro digital de paso bajo entre ambos elementos.

El ordenador deberá almacenar los fragmentos de audiodescripción destinados a las personas con deficiencia visual así como los parámetros de configuración inicial con los que comenzará a trabajar en la sincronización, una copia pregrabada del sonido original de la película y un descriptor de los instantes en los que se deben reproducir los mensajes de audiodescripción.

El cometido principal del software será identificar el fragmento de audiodescripción correspondiente a las imágenes que se están viendo en la pantalla en un periodo de tiempo determinado y reproducirlo.

Una vez que se conoce el mensaje de audiodescripción, su reproducción se envía a los auriculares inalámbricos que se han proporcionado a las personas que tenían deficiencia visual. A través de ellos podrán escuchar la audiodescripción que les ayude con facilidad a captar toda la información de la película.

### **10.3. Análisis Funcional**

Para la ejecución de experimentos que aporten datos relevantes sobre los algoritmos de sincronización es preciso implementar una aplicación piloto que sea capaz de determinar los instantes de reproducción de audiodescripciones mientras dura la proyección de la película. Para ello bastará con crear una aplicación de consola la cual imprima por pantalla información importante y de utilidad. Esta aplicación debe estar instalada en el ordenador ubicado junto al proyector y debe obtener muestras del audio contenido en la banda sonora mediante la entrada de línea de su tarjeta de sonido. La computadora también debe tener almacenados una copia de dicho sonido, los ficheros de audiodescripción y un archivo de configuración que indique los parámetros de ejecución con los que debe trabajar el programa.

```
c:\Users\Pedro\Desktop\Samadpr_paquete_linea\bin_release\Console C.exe
Arrancando t=464 baja energia
Arrancando t=465 baja energia
Arrancando t=465 baja energia
Arrancando t=466 baja energia
Arrancando t=467 baja energia
Arrancando t=468 baja energia
Arrancando t=468 baja energia
Arrancando t=469 baja energia
Arrancando t=720 s=-0,526677468147181 dt=484,75
ARRANCADO t=61484,75
ARRANCADO!!
Sincronizando
Sincronizando 720,00 484,75 61484,75
AD: tonoi.wav Instante: 61907,75
Sincronizando 1143,00 -96,25 61907,75
Sincronizando 1492,00 0,00 61984,84
Sincronizando 1864,00 -3,50 62272,19
Sincronizando 2200,00 6,50 62526,02
Sincronizando 2537,00 0,00 62795,03
Sincronizando 2876,00 -104,00 63057,47
Sincronizando 3212,00 0,00 63179,08
Sincronizando 3550,00 89,50 63423,46
Sincronizando 3889,00 -23,50 63780,48
Sincronizando 4225,00 43,50 64005,84
Sincronizando 4561,00 0,00 64309,51
Sincronizando 4904,00 -14,00 64570,66
Sincronizando 5240,00 0,00 64810,17
Sincronizando 5577,00 -1,75 65065,60
Sincronizando 5920,00 5,00 65323,59
TasaI Semej. Energia
1,00 -0,53 31344,70
0,77 -0,24 17785763,32
0,77 -0,22 17788981,43
0,77 -0,13 18145691,57
0,77 -0,08 8821213,40
0,77 -0,07 838866,76
0,72 -0,06 600887,08
0,72 -0,20 179037,79
0,76 -0,23 55493,23
0,75 -0,12 26115,44
0,76 -0,09 14273,87
0,76 -0,17 11339,40
0,76 -0,32 121813,52
0,76 -0,11 298746,42
0,76 -0,12 510750,32
0,76 -0,16 716585,56
```

Figura 10.6 - Imagen de la información mostrada a través de la consola.

Según vaya avanzando la película, en función las imágenes proyectadas en la pantalla el software decidirá qué mensaje de audiodescripción se corresponde con ellas. Será capaz de proporcionar una salida con dicho fragmento de audio para que este sea reproducido y enviado a los auriculares inalámbricos que poseen las personas con deficiencia visual de la sala.

### 10.3.1. Nivel Contextual.

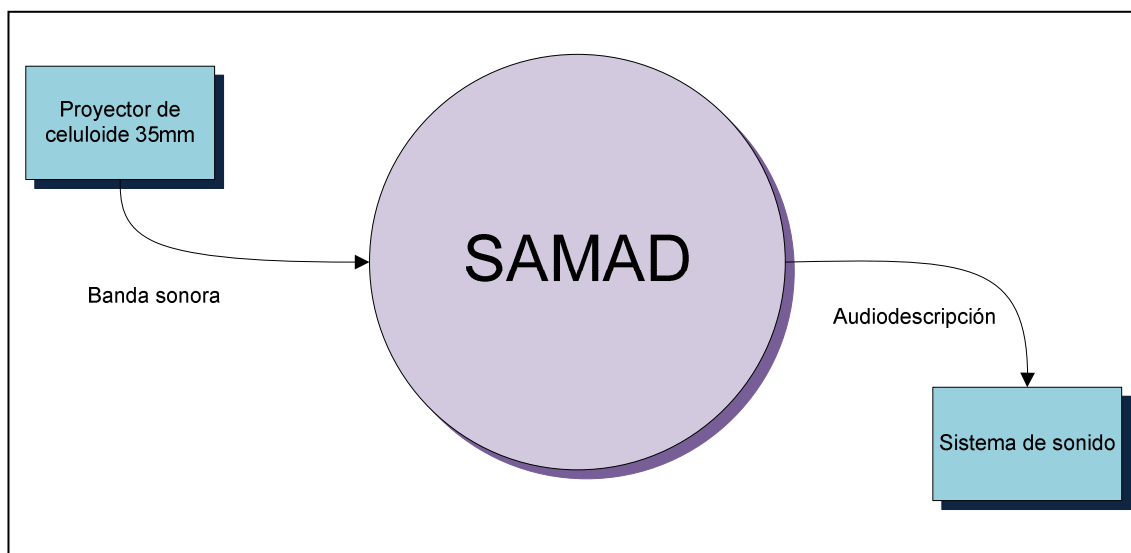


Figura 10.7 - DFD Diagrama de contexto.

El proyector de cine muestra sobre la pantalla las imágenes de la película, también reproduce el sonido de cada una de sus escenas a través de los altavoces repartidos en la sala de proyección. Dicho audio se debe suministrar también como entrada al sistema SAMAD y será éste quien determinará cuándo y qué mensaje de audiodescripción es el que se corresponde con la secuencia de imágenes que se proyectan en ese instante.

SAMAD entregará como salida la reproducción de cada uno de los mensajes de audiodescripción correspondientes a las escenas de silencio de la película y el sistema de sonido los enviará cada uno de los receptores inalámbricos que tienen los deficientes visuales que se encuentran dentro de la sala.

### 10.3.2. Sistema SAMAD.

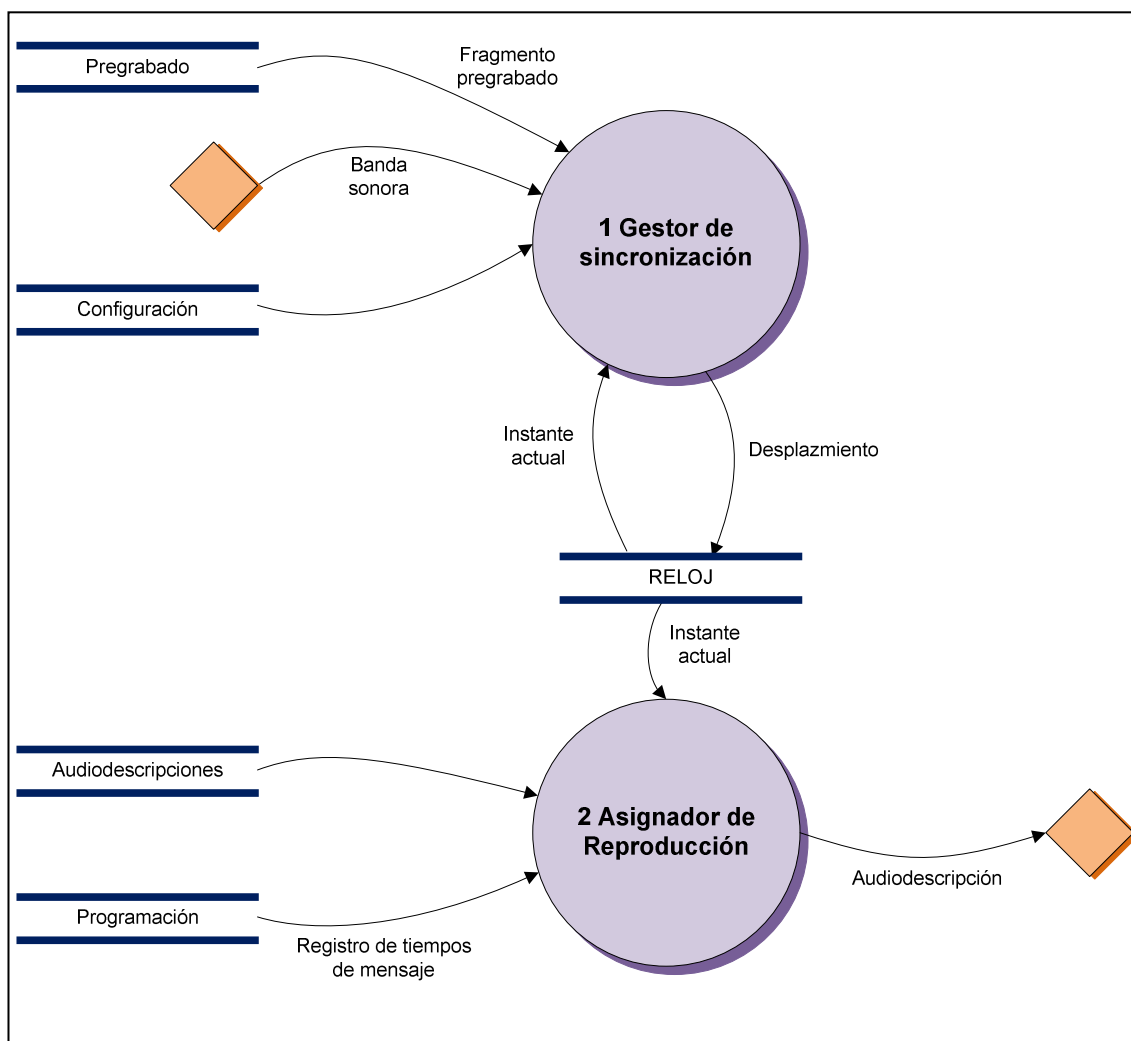


Figura 10.8 - Diagrama DFD 1: Sistema.

El sistema SAMAD se compone de los procesos encargados de la sincronización y la reproducción de audiodescripciones.

Deberá existir también un reloj que controle la duración de la película cinematográfica. Ha de tratarse de un registro que indique la fracción de tiempo exacta en la cual se encuentra la proyección. Este elemento representará lo que se ha identificado como Reloj interno.

El reloj, además de ir contabilizando el tiempo, deberá actualizarse constantemente reajustándose con el instante al que pertenecen las imágenes que se ven en pantalla. Para ello



utilizará la información del desplazamiento que le provee el proceso gestor de sincronización. Cuando se produzca un reajuste en el reloj, este ha de tener en cuenta el valor del incremento de tiempo que realiza sobre él. El nuevo valor del incremento se determinará con el cálculo de la desviación obtenida entre los tiempos del reloj interno y el reloj del proyector.

Las entradas de fragmento pregrabado, banda sonora y el instante actual del reloj le serán de ayuda para la sincronización, ya que con ellas se podrá determinar el momento justo al que pertenece la imagen que se ve en la pantalla. Este trabajo se debe realizar teniendo en cuenta el valor del umbral de baja energía que se indicó como configuración, ya que cuando la trama capturada no supere dicho valor, ésta no será procesada.

Con el reloj ya actualizado, el proceso asignador de reproducción debe seleccionar el fragmento de audiodescripción que se corresponde con la secuencia proyectada, para posteriormente poder reproducirlo. Para hallar la audiodescripción correspondiente tendrá la información del registro de tiempos de mensaje, que junto con el instante actual de tiempo que marca el reloj interno, determina que mensaje de audiodescripción se debe proporcionar.

### 10.3.3. Gestor de sincronización

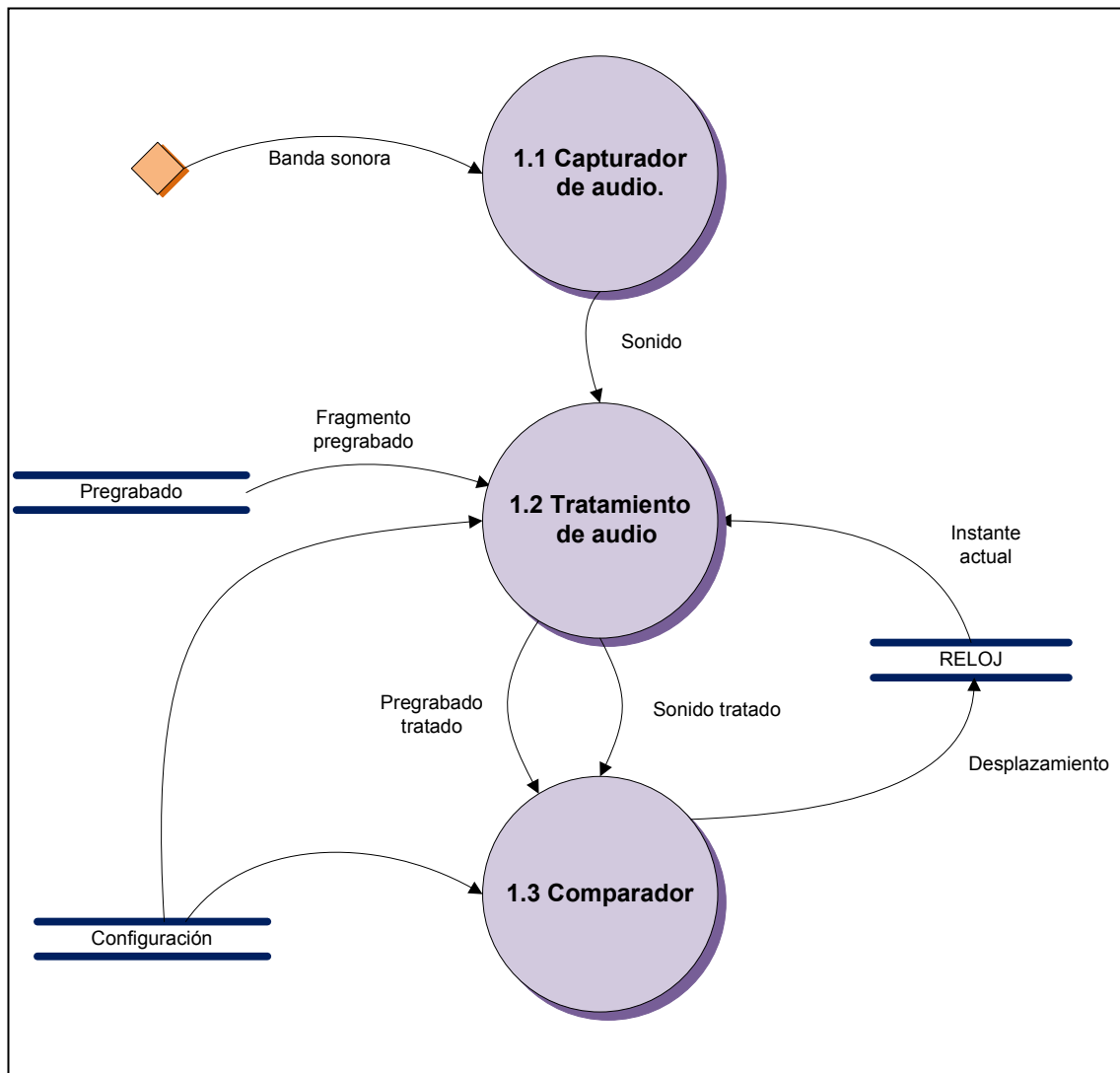


Figura 10.9 - DFD 2: Gestor de sincronización.

El gestor de sincronización realiza las tareas de captura, tratamiento y comparación de audio para establecer y mantener la sincronía. Primero convierte a formato digital el audio capturado de la banda sonora para después lo compararlo con el fragmento de sonido pregrabado que le corresponde según el instante de tiempo marcado por el reloj. Ambas señales deben ser tratadas previamente a su comparación.

El proceso capturador de audio obtiene el sonido de la banda sonora a través de la interfaz de entrada que posee la tarjeta de sonido del ordenador. Dicha señal de audio debe ser convertida a un formato de sonido digital (PCM) que posteriormente se tratara adecuadamente y se hará llegar al comparador de sonido.

Antes de cualquier comparación el audio es tratado para ajustar la señal de sonido en función de los parámetros de ejecución especificados en un fichero XML y facilitar su posterior



comparación. El resultado de esta operación sobre el fragmento pregrabado correspondiente y el audio capturado de la banda sonora se entrega al proceso comparador.

Una vez llega el sonido tratado al proceso comparador mediante una comparación entre ambos audios podrá determinar posibles desviaciones entre ellos. De este modo debe ser capaz de dotar una salida al reloj con el desplazamiento de tiempo exacto respecto a la proyección de la película.

El reloj es capaz de actualizarse en función del valor del desplazamiento que se le ha proporcionado estimando de nuevo la tasa de incremento de tiempo con la que contabiliza éste.

## 11. Requisitos de Software

---

En este apartado se establecen los requisitos que deberá cubrir el software que se va a desarrollar. El “Apéndice B. Catálogo de requisitos de software.” recoge de forma estructurada todos ellos.

El software deberá capturar el audio que proviene del proyector a través de la entrada de línea que tiene la tarjeta de sonido del ordenador donde se ejecuta. También deberá ser capaz de reproducir el sonido correspondiente a las audiodescripciones de una película.

Deberá existir un proceso que se encargue de la sincronización del tiempo de proyección con el tiempo de reproducción y otro que asigne la reproducción de la audiodescripción.

Al ejecutarse el sistema, éste deberá tomar una configuración que se encuentra detallada en un fichero de texto con formato XML. En él se especifica el modo de trabajo que debe adoptar el proceso de sincronía así como el listado de audiodescripciones y sus tiempos de reproducción en la película. Sendos elementos se almacenarán en bancos de datos reservados únicamente para cada uno de ellos.

Tendrá que existir una entidad que represente el reloj interno de reproducción. Este reloj será quién estime el tiempo de proyección. Deberá ser reajustado periódicamente para no perder la sincronía con el proyector y su tasa de incremento de tiempo deberá modificarse con cada reajuste para compensar las desviaciones que puedan haberse producido.

El proceso sincronizador contendrá otros tres subprocesos. Deberá trabajar con audio que obtendrá de dos fuentes distintas: el proyector y el archivo de la banda sonora pregrabada. De cada fuente obtendrá una trama con una duración especificada en el XML de configuración. La trama de audio pregrabado vendrá caracterizada por el instante de tiempo que marque el reloj interno.

Un proceso capturador de audio deberá encargarse de grabar de manera continuada e ininterrumpida lo que emite el proyector de cine y digitalizarlo a formato PCM. Para ello hará uso de la librería “DirectSound” que proporciona la SDK de DirectX. Para desechar las capturas de periodos en los que el nivel de energía del sonido es insuficiente para realizar una comparación con él, se debe tomar como valor a superar el umbral de sonido establecido en la definición de la configuración.

El proceso de tratamiento de audio debe servir para equilibrar las condiciones en las que se encuentran las tramas de sonido con las que se va a trabajar. Deberá:

Componer el sonido de ambas tramas. Tanto el audio extraído del fichero de la banda sonora pregrabada como el capturado mediante la entrada de línea pueden estar repartidos en

diferentes canales de sonido. Por esta razón se debe componer el sonido de manera que se tengan las muestras mezcladas para obtener una única pista con la que poder trabajar. Los canales que se emplearán para la composición se deben indicar en el fichero de configuración.

La potencia de sonido con la que se recibe el audio a través de la tarjeta de sonido tiene alta probabilidad de no ser la misma con la que fue grabado el archivo de audio pregrabado. Los factores que provocan que ocurra esto son esencialmente el volumen del proyector y el canal de transmisión de sonido (cable que conecta el proyector con el ordenador). Para que la comparación de la señal pueda ser efectiva y fiable se deben tratar la trama capturada y la seleccionada de audio pregrabado de manera que sus volúmenes se amplifiquen o atenúen según el caso. Esto provocará que ambas muestras se encuentren en el mismo intervalo de energía de sonido.

Aun así, se necesita localizar las variaciones de energía que se producen a largo plazo. Calculando el contorno del valor absoluto de la señal de sonido obtendremos la línea de variabilidad de energía que tiene el audio. De este modo se obtiene una envolvente de la señal que permite realizar su comparación de una manera más fácil y cómoda.

El último subproceso que pertenece a la sincronización es el encargado de la comparación de sonido. Una vez que las tramas han sido pretratadas se puede empezar con el proceso de comparación del audio que contienen. Se debe utilizar un algoritmo de comparación de sonido que determine el grado de semejanza que existe entre las muestras.

Tras la comparación y con el resultado obtenido gracias a ella se deberá reajustar en caso de que sea necesario el tiempo que marca el reloj interno del sistema. De este modo se tiene que tener actualizada cualquier desviación que pueda haberse producido en el tiempo de proyección de la película.

Finalmente, para conocer qué audiodescripción se debe proporcionar en cada momento, el proceso asignador de reproducción mantendrá una consulta constante sobre el tiempo que marca el reloj interno. El banco del registro de tiempos deberá tener un apuntador que determine cuál es el próximo mensaje que se debe reproducir. Cuando el instante de reproducción del elemento apuntado sea igual o menor al tiempo que marque el reloj interno, este mensaje habrá de ser emitido y se deberá establecer el apuntador al siguiente elemento.



## 12. Diseño de la solución.

En este capítulo se especifica de forma detallada cómo es el sistema desarrollado por el proyecto SAMAD.

### 12.1. Arquitectura

De la especificación de requisitos obtenida anteriormente se puede determinar al más alto nivel cada uno de los módulos de los que se compone el sistema a desarrollar.

La trazabilidad de cada módulo con los requisitos software que debe cubrir se encuentra en la matriz ubicada en el apéndice “Matrices de trazabilidad”.

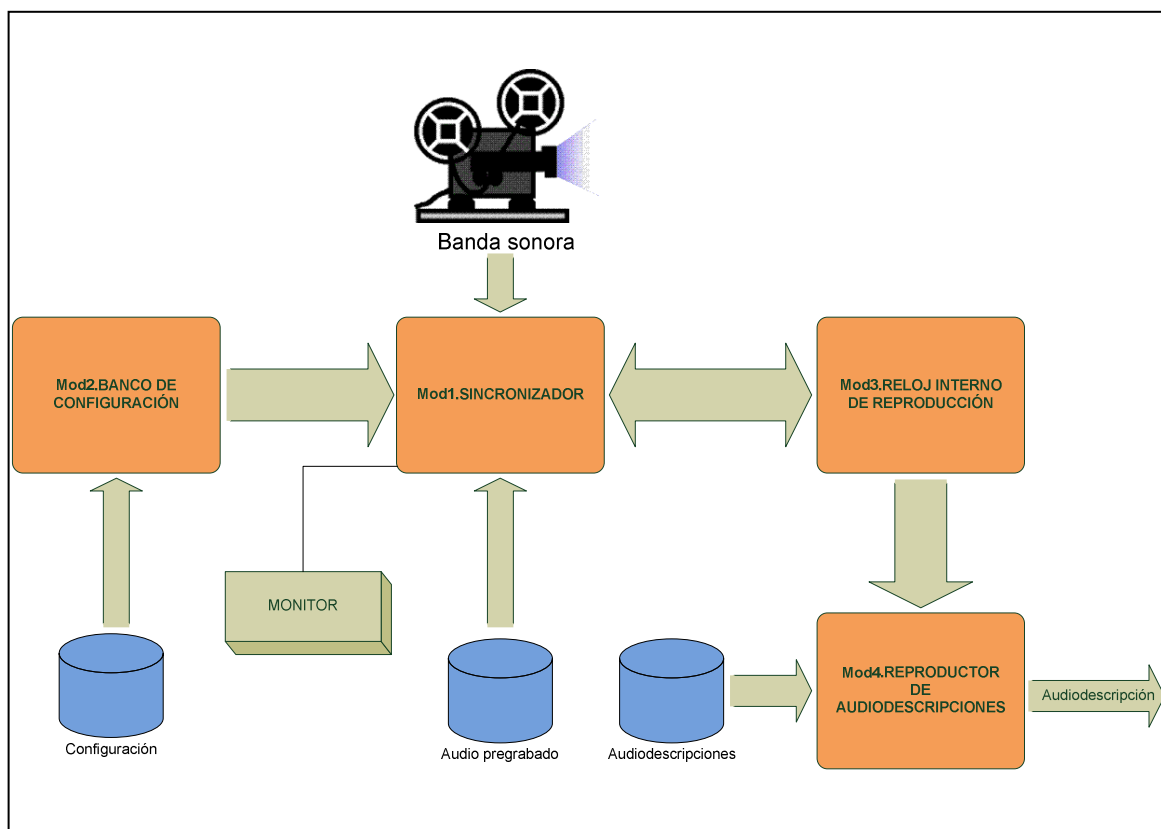


Figura 12.1 - Diagrama de arquitectura de la aplicación.



### Módulo 1 – Sincronizador.

Desde aquí se debe controlar que el reloj interno de reproducción se mantenga sincronizado con el reloj de proyección. Tratará y comparará el audio de la banda sonora que obtiene del proyector y el audio pregrabado que está almacenado.

### Módulo 2 – Banco de configuración.

En este componente se establece la disposición con la que debe trabajar todo el sistema. Leerá el fichero XML de configuración y adoptará los valores que en él se indican tanto para realizar el arranque y el mantenimiento de la sincronía como para la generación del registro de tiempos reproducción de las audiodescripciones.

### Módulo 3 – Reloj interno de reproducción.

Contabiliza el tiempo que dura la película. Debe mantenerse sincronizado con el reloj de proyección para que las audiodescripciones sean insertadas en los instantes correctos.

### Módulo 4 – Reproductor de audiodescripciones.

A través del registro de audiodescripciones que se generó por medio del módulo de configuración y gracias al tiempo marcado por el reloj interno de reproducción podrá reproducir los mensajes de audiodescripción en el momento adecuado.

### Almacén Configuración.

Representa la carpeta del ordenador donde se encuentra guardado el fichero XML de configuración que debe tener el nombre “config.xml”.

### Almacén Audiodescripciones.

Representa una carpeta que albergue en su interior todos los archivos de audio que contienen los mensajes de audiodescripción pertenecientes a la película.

### Almacén Audio pregrabado.

En este lugar se debe encontrar el archivo de audio pregrabado que contiene la banda sonora de la película. Dicho archivo debe estar en formato *wave*.

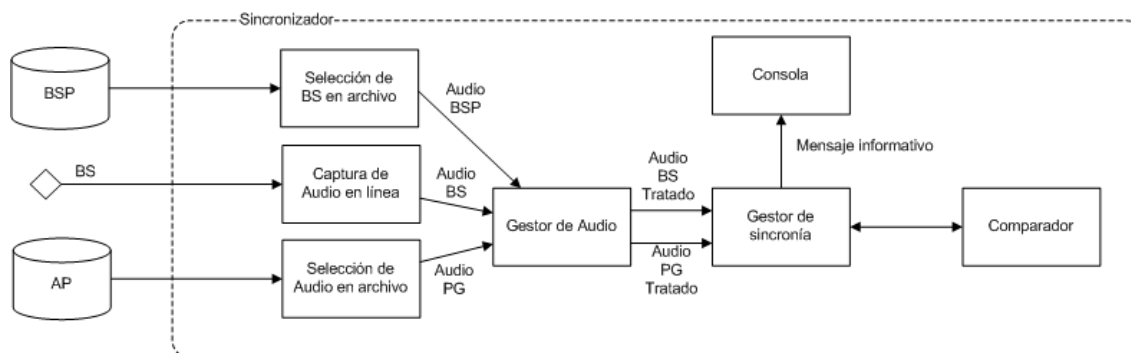
### Monitor.

Representa la consola de la aplicación a través de la cual se visualiza la información.

## 12.2. Modelo de detalle.

Cada módulo obtenido en el diseño de la arquitectura del sistema se descompone a su vez en procesos y flujos de información que se transmiten entre ellos. A continuación se detalla el desglose de cada uno de ellos.

### *Módulo Sincronizador.*



La sincronización se debe realizar a partir de dos muestras de audio, una será la de la banda sonora que se capture a través de la tarjeta de sonido y otra será la de su copia pregrabada que se encuentra ubicada en el almacén de audio pregrabado.

Para poder verificar el correcto funcionamiento de este subsistema, al principio del desarrollo se debe simular la captura de sonido, de manera que se emule repetidamente la actuación del proyector en cada prueba de ejecución que se realice. Esto se conseguirá realizando la comparación del audio pregrabado con una muestra almacenada de banda sonora pregrabada.

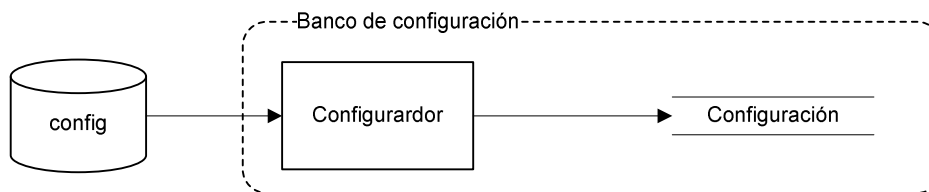
Una vez obtenidas las tramas de audio a comparar estas deben ser preparadas para su comparación. Un proceso gestionará de la misma manera las dos tramas de sonido y se las hará llegar al gestor de la sincronía para que éste se las pueda proporcionar al comparador.

El resultado del proceso de comparación debe ser el desplazamiento existente entre las dos muestras analizadas.

La consola mostrará mensajes informativos que contengan datos sobre:

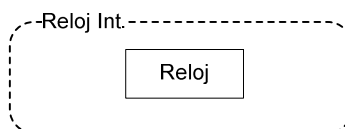
- Resultado de comparación.
- Tiempo y tasa de reloj de reproducción.
- Desplazamiento entre tramas comparadas.
- Energía de audio capturado.

### *Módulo Banco de Configuración.*



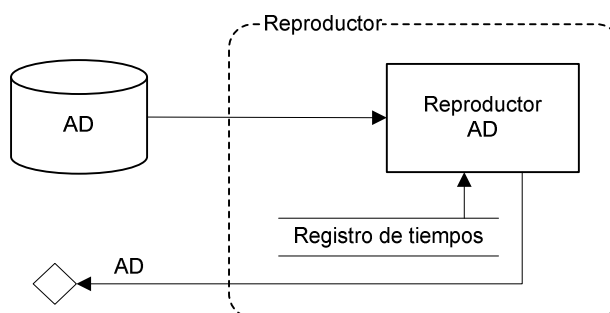
En el fichero XML de configuración que está contenido en el almacén de configuración contiene cuales son los valores con los que se debe ejecutar el sistema para llevar a cabo la sincronización. El proceso configurador leerá dicho fichero y asignará los valores que en él se indican a los parámetros de ejecución que están en el banco de configuración del sistema. Este banco será consultado desde los diferentes módulos de los que se compone el software para trabajar según en él se indica. El configurador también deberá generar el registro de tiempos que contiene las marcas de tiempo de reproducción de las audiodescripciones.

### *Módulo Reloj interno.*



Debe simular un contador de tiempo. Ha de estar sincronizado con el reloj de proyección que tiene el proyector y estar actualizado en todo momento. Su tasa de incremento de tiempo se debe recalcular para que las desviaciones entre ambos tiempos sean corregidas a medida que avanza la proyección.

### *Módulo Reproductor.*



El reproductor emitirá como salida del sistema el sonido correspondiente a los mensajes de audiodescripción. Para hacerlo en el instante indicado en el registro de tiempos consultará constantemente el tiempo marcado por el reloj interno de reproducción.

La unión de todos los componentes obtenidos a partir de los módulos detallados en la arquitectura genera el siguiente esquema conceptual.

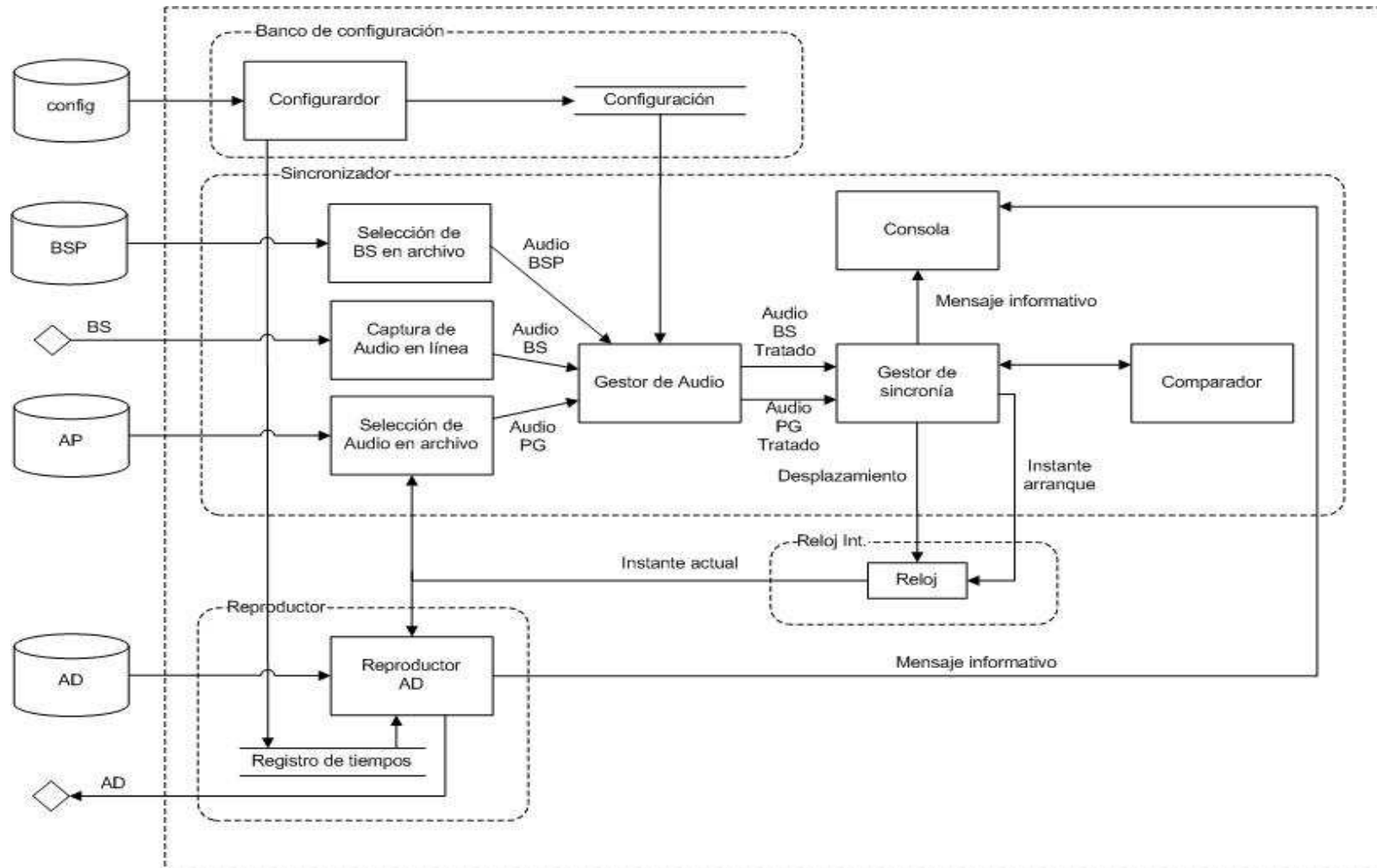


Figura 12.2 - Esquema del Modelo conceptual.

### *Descripción de procesos y flujos de información.*

|   |  |
|---|--|
| <b>Configurador</b>                         | Obtiene los parámetros de ejecución y las marcas de tiempo para la reproducción de audiodescripciones.   |
| <b>Captura de Audio en línea</b>            | Adquiere de la tarjeta de sonido del ordenador el audio proveniente del proyector de cine. Hace uso de la librería DirectSound proporcionada por DirectX.  |
| <b>Selección de Audio en archivo</b>        | Selecciona el tramo de audio con el que comparar la banda sonora adquirida de la tarjeta de sonido.  |
| <b>Selección de banda sonora en archivo</b> | Selecciona el tramo de audio de la banda sonora con la que comparar el audio pregrabado y poder probar el funcionamiento de la sincronía.  |
| <b>Reproductor AD</b>                       | Se encarga de reproducir las audiodescripciones cuando llega el momento establecido.   |
| <b>Gestor de audio</b>                      | Realiza un tratamiento previo del audio para su posterior comparación. Acomoda la señal de sonido para facilitar su posterior proceso de comparación.  |
| <b>Gestor de sincronía</b>                  | Se encarga de la tarea de sincronización. Obtiene el audio pregrabado y el audio de la banda sonora para enviárselos después al comparador y que le devuelva el resultado. Si la sincronía aun no ha sido establecida la creará, en caso contrario se dedicará a mantenerla durante el tiempo de proyección. |
| <b>Comparador</b>                           | Compara el audio previamente tratado de la trama capturada de banda sonora y la seleccionada de audio pregrabado.  |
| <b>Reloj</b>                                | Contador de tiempo de proyección. El mismo incrementa el tiempo que marca así como la tasa de incremento con lo que lo hace.   |
| <b>Config.</b>                              | Es un fichero en formato XML donde se especifica la configuración que debe tomar SAMAD. En el se debe indicar los parámetros que debe tomar durante la ejecución y el registro de las audiodescripciones junto con sus marcas de tiempo en las que se deben reproducir.                                      |
| <b>AP</b>                                   | Fichero de audio pregrabado. De él se irán extrayendo tramas de audio en función del instante de tiempo de proyección.   |

|  |  |
|--|--|
| <b>BSP</b>                                     | Fichero de audio de la banda sonora pregrabada. Emula el proyector.  |
| <b>BS</b>                                      | Audio de banda sonora. Es reproducido por el propio proyector de cine y debe ser capturado por la propia tarjeta de sonido del ordenador.  |
| <b>AD</b>                                      | Audiodescripciones. Cada uno de los mensajes de audiodescripciones de los que se compone la película.  |
| <b>Consola</b>                                 | Shell mediante la cual se imprimirá información significativa por pantalla.  |
| <b>Mensaje de monitorización</b>               | Mensaje lo suficientemente significativo como para que aporte información útil.  |
| <b>Instante actual</b>                         | Instante de tiempo exacto que marca el reloj en un momento determinado.  |
| <b>Instante de arranque</b>                    | Es el momento exacto en el que se encuentra la proyección y a partir del cual el sistema SAMAD se sincroniza con ella. Sirve al reloj como referencia a partir de la cual comenzar a incrementar el tiempo.          |
| <b>Audio BS</b>                                | Audio de banda sonora. Es la trama de audio proveniente del proyector que ha sido capturada a través de la entrada de línea de la tarjeta de sonido del ordenador.   |
| <b>Audio PG</b>                                | Audio pregrabado. Corresponde a la tramo de audio que ha sido seleccionado en función del instante que marca el Reloj. Debería corresponder con el audio que se está reproduciendo en la proyección en ese instante. |
| <b>Audio BSP.</b>                              | Audio de banda sonora pregrabada. Trama de audio de la banda sonora que emula el sonido emitido por el proyector.  |
| <b>Audio tratado BS -<br/>Audio tratado AP</b> | Tanto el audio pregrabado como el capturado por la tarjeta de sonido del ordenador se tratan del mismo modo para facilitar el proceso de comparación.  |
| <b>Desplazamiento</b>                          | Es el resultado que entrega el comparador. Representa el número de muestras de distancia que hay entre las dos tramas de sonido que ha comparado.  |

### Definición de datos.

#### CONFIGURACIÓN

|                                     |  |
|-------------------------------------|--|
| <b>Umbral de silencio</b>           | Es el valor a partir del cual se considera que hay energía suficiente para evaluar la señal de audio capturada.  |
| <b>Duración de trama</b>            | Es el tiempo de duración que van a tener las tramas de sonido tanto capturado como pregrabado que se van a analizar.   |
| <b>Ancho envolvente</b>             | Valor que representa la cantidad de muestras contiguas que son usadas para el tratamiento de las señales de audio en la generación de la envolvente de la misma.   |
| <b>Configuración Arranque</b>       | <p>Es una lista que ofrece las diferentes opciones de establecimiento de la sincronización. Se debe elegir una de ellas para indicar al programa como se va a trabajar.</p> <p><u>Cada opción debe indicar:</u> un identificador de la opción, el algoritmo de comparación de sonido, la forma de generar la envolvente del audio, la forma de normalizar la señal de audio el instante de referencia que se debe tomar para el establecimiento de la sincronización y el umbral de semejanza que se debe superar para considerar que el instante de sincronización inicial ha sido alcanzado.</p> |
| <b>Configuración Sincronización</b> | <p>Es una lista que ofrece las diferentes opciones de configuración para el mantenimiento de la sincronización. Se debe elegir una de ellas para indicar al programa como se va a trabajar</p> <p><u>Cada opción debe indicar:</u> un identificador de la opción, el algoritmo de comparación de sonido, la forma de generar la envolvente del audio y por último la forma de normalizar la señal de audio.</p>  |
| <b>Banda Sonora</b>                 | Se deben indicar los canales de audio por los que llega la banda sonora desde el proyector de cine a través del cable conectado a la entrada de línea de la tarjeta de sonido. Éstos deben ser los empleados para la composición del audio.  |
| <b>Sonido pregrabado</b>            | Se deben indicar cuáles son los canales a emplear para la composición de los tramos del sonido pregrabado que se extraen del archivo de pregrabado de la banda sonora.   |



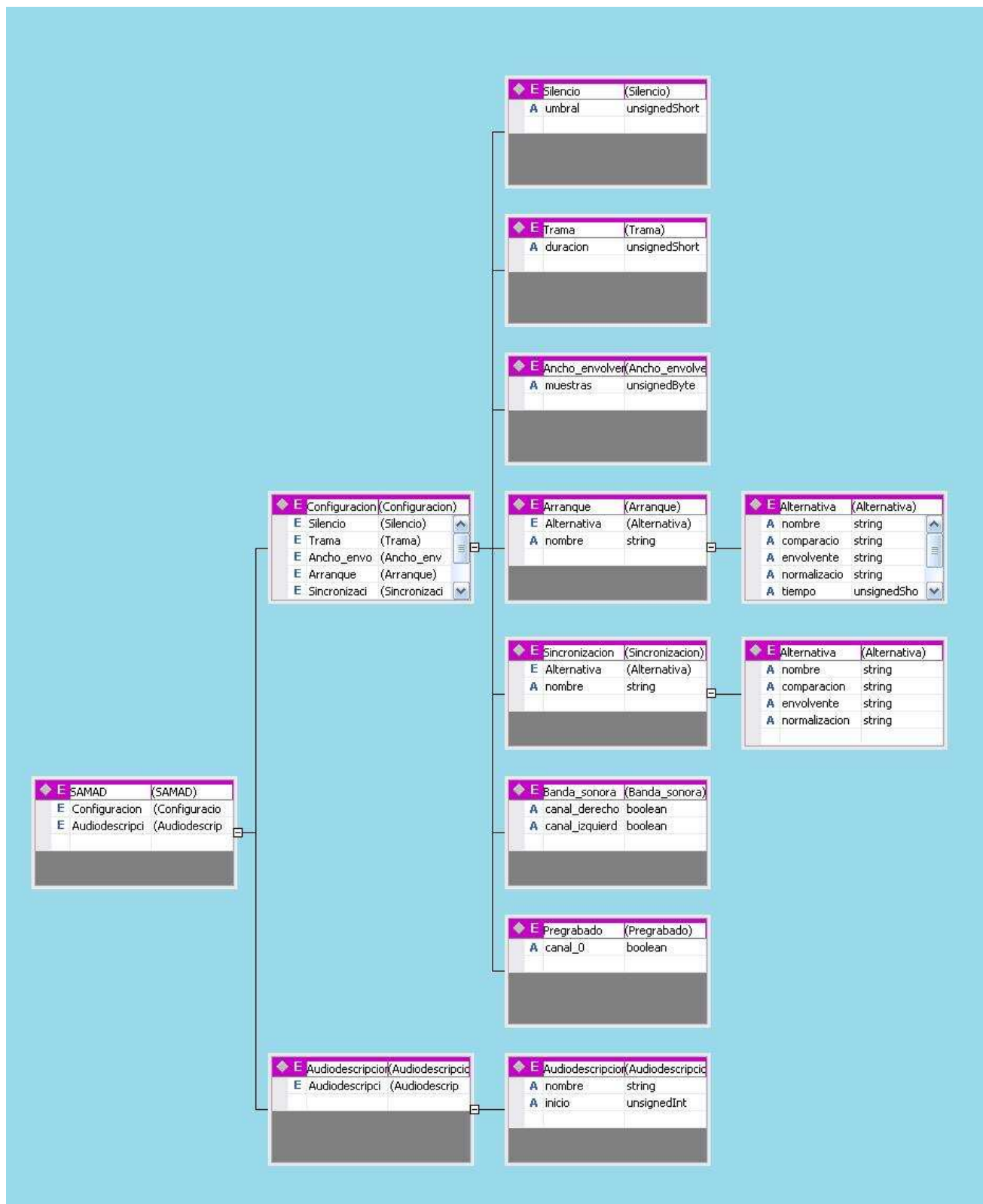


## REGISTRO DE AUDIODESCRIPCIONES

|                           |  |
|---------------------------|--|
| <b>Audiodescripciones</b> | Es la lista que contiene el nombre de la audiodescripción junto con el instante de la marca de tiempo de proyección en el cual debe ser reproducida. |
|---------------------------|--|

### Formato del fichero XML de configuración.

#### Esquema:



### Ejemplo:

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>

<SAMAD>

  <Configuracion>

    <Silencio umbral="10000"/>
    <Trama duracion="1000"/>
    <Ancho_envolvente muestras="100"/>

    <Arranque nombre="Bad">
      <Alternativa nombre="Bad" comparacion="similitud" envolvente="picos"
        normalizacion="mediaB" tiempo="61000" umbral="-2.8"/>
      <Alternativa nombre="Dos" comparacion="similitud" envolvente="picos"
        normalizacion="mediaB" tiempo="2000" umbral="-2.0"/>
      <Alternativa nombre="Tres" comparacion="correlacion" envolvente="picos"
        normalizacion="mediaB" tiempo="8300" umbral="10"/>
    </Arranque>

    <Sincronizacion nombre="Dos" >
      <Alternativa nombre="Uno" comparacion="similitud" envolvente="media"
        normalizacion="media" />
      <Alternativa nombre="Dos" comparacion="similitud" envolvente="picos"
        normalizacion="maximaB" />
    </Sincronizacion>

    <Banda_sonora canal_derecho="true" canal_izquierdo="false"/>

    <Pregrabado canal_0="true"/>

  </Configuracion>

  <Audiodescripciones>

    <Audiodescripcion nombre="tono1.wav" inicio="60000"/>
    <Audiodescripcion nombre="tono2.wav" inicio="120000"/>
    <Audiodescripcion nombre="tono3.wav" inicio="180000"/>

  </Audiodescripciones>

</SAMAD>
```

### Breve descripción.

El fichero se divide en dos nodos hijos principales los cuales almacenan información sobre los parámetros de ejecución que debe tomar el sistema inicialmente y las audiodescripciones de la película que se proyecta.

El primer nodo hijo principal llamado “configuración” detalla los valores iniciales que deben tomar los parámetros de ejecución al comenzar a funcionar el sistema.

El segundo nodo hijo principal llamado “registro”, contiene la lista de audiodescripciones indicando por cada una de ellas su nombre y el instante inicial en el que se debe reproducir.

### 12.3. Objetos existentes en el sistema.

Llegado este punto y gracias a la información proporcionada por los productos generados hasta el momento, ya se pueden establecer los objetos con los que va a trabajar el sistema. En este apartado se van a definir cada uno de ellos, así como el cometido que tienen dentro de la aplicación.

| Nombre del objeto | Descripción   |
|-------------------|---|
| audio_en_linea    | Gestionará la captura de tramas de audio a través de la entrada de línea de la tarjeta de sonido. Se apoyará en el uso de la librería DirectSound de DirectX. |

| Nombre del objeto | Descripción   |
|-------------------|---|
| audio_en_archivo  | Controlará la selección de audio pregrabado en un fichero de sonido con formato wave. |

| Nombre del objeto | Descripción   |
|-------------------|---|
| bufferDX          | Objeto que almacenará el audio capturado a través de la entrada de línea. |

| Nombre del objeto | Descripción  |
|-------------------|--|
| wave              | Representa el chunk FMT contenido en un archivo de sonido wave. Servirá para obtener las características del audio con el que se va a trabajar permitiendo configurar con ellas la tarjeta de sonido para realizar la captura. |

El audio en archivo y el audio en línea comparten atributos que son comunes para ambos, ya que la única diferencia de ambos es la fuente de la que obtienen el propio sonido.

| Nombre del objeto | Descripción   |
|-------------------|---|
| consola           | Se encarga de crear todos los objetos necesarios para la tarea de sincronización y transportar los datos entre ellos. |

| Nombre del objeto | Descripción   |
|-------------------|---|
| comparador        | Determinará el nivel de semejanza que existe entre las dos tramas de audio que recibe y calculará también el desplazamiento que existe entre ellas. |

| Nombre del objeto | Descripción   |
|-------------------|---|
| SysMessage        | Solo existirá una instancia de él. Imprimirá mensajes por pantalla o los mostrará con una ventana de diálogo. |

| Nombre del objeto | Descripción  |
|-------------------|--|
| SysClock          | Emulara el reloj del hardware donde esta corriendo el programa. Únicamente habrá un objeto de este tipo. |

| Nombre del objeto | Descripción   |
|-------------------|---|
| configuracion     | Leerá todo el fichero de configuración y asignara los valores que en él aparecen a sus atributos. |

| Nombre del objeto | Descripción  |
|-------------------|--|
| reproductor       | Se dedicará a reproducir los sonidos de las audiodescripciones consultando los instantes de reproducción al registro de tiempos. |

| Nombre del objeto | Descripción  |
|-------------------|--|
| reloj_interno     | Contabilizará el tiempo de manera que se mantenga sincronizado con el reloj del proyector. Tendrá en cuenta la tasa con la que incrementa este para no mantener las desviaciones que se puedan producir a lo largo del tiempo. |

En el siguiente apartado se muestra el diagrama de clases correspondiente

## 12.4. Diagrama de clases

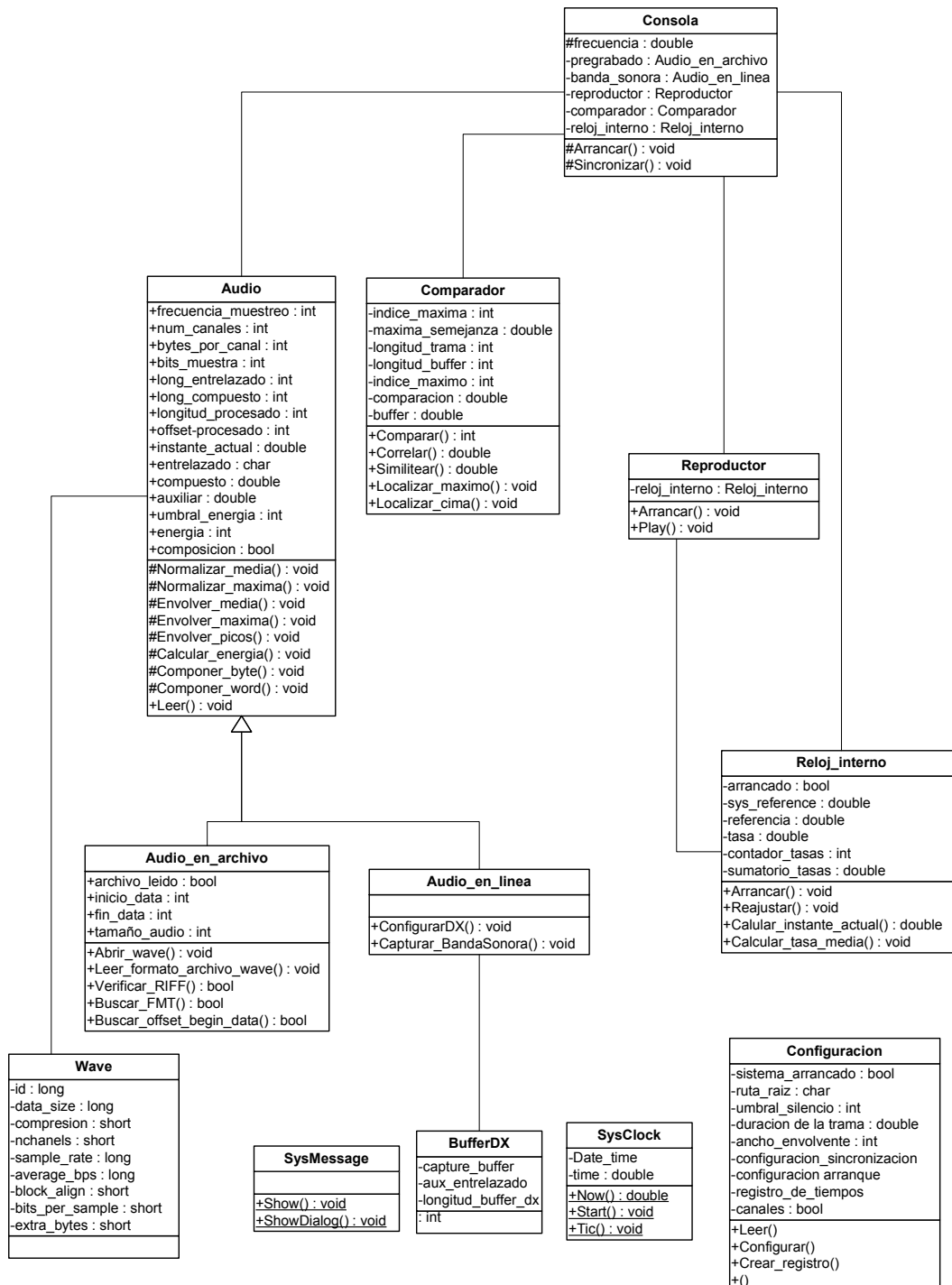


Figura 12.3 - Diagrama de clases UML.

### *Comentarios del diagrama de clases*

La clase *Consola* contendrá el control de toda la aplicación. Desde ella se deberá hacer la llamada al arranque de la sincronización y también se deberá realizar su mantenimiento.

La clase *Wave* representa la estructura del “Chunk” FMT que poseen los archivos de audio en formato wave. Servirá para localizar los atributos que tiene el sonido pregrabado de la película.

La clase *BufferDX* representa la trama de capturada de la banda sonora a través de la entrada de línea de la tarjeta de sonido del ordenador.

El reloj *SysClock* emulará el propio reloj que posee el equipo informático.

La clase *SysMessage* permite escribir mensajes informativos dirigidos al exterior de la aplicación.

*Configuración* contendrá todos los valores que toman los parámetros de ejecución para trabajar.

Las clases *Configuración*, *Configuración*, *BufferDX*, *SysMessage* y *SysClock* son de tipo estático para que de ese modo se pueda acceder a ellas desde cualquier punto del código.

Gracias a *Reproductor* se podrá emitir el sonido de las audiodescripciones cuando se indique en el registro de tiempos.

El audio viene jerarquizado con una clase maestra con el mismo nombre que contiene todas las propiedades comunes a la captura y la selección en un archivo. De ella heredaran las clases concretas para la captura con *Audio\_en\_linea* y para la selección con *Audio\_en\_archivo*.

Para controlar el tiempo de proyección se empleará *Reloj\_interno*. Su contador de tiempo es el que debe ir sincronizado con el reloj que tiene el proyector para de este modo mantener la sincronización de audiodescripciones.

Toda la comparación del audio se llevará a cabo mediante la clase *Comparador*.

## 12.5. Diagrama de secuencia.

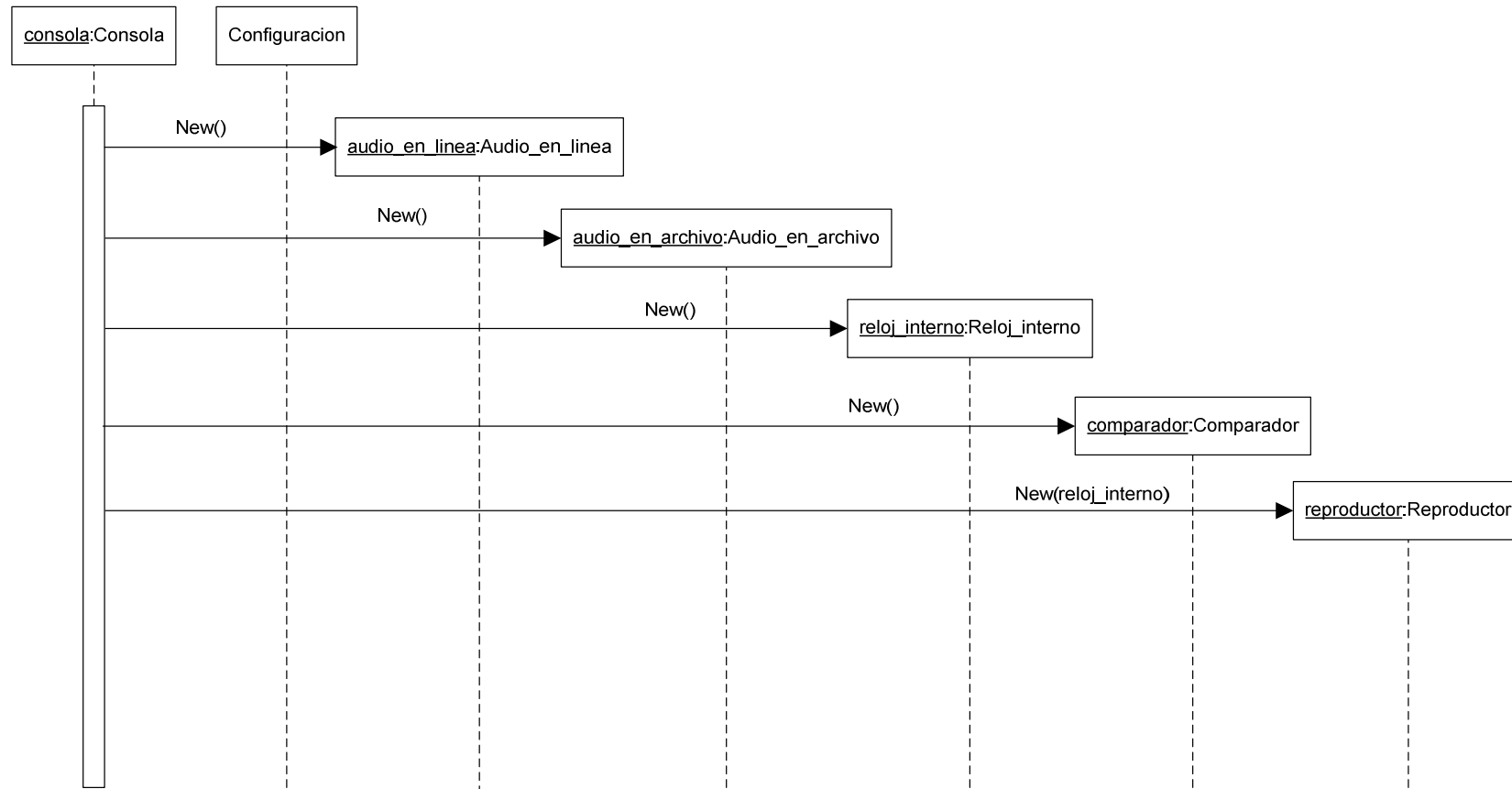


Figura 12.4 - Diagrama de secuencia UML (instanciación).



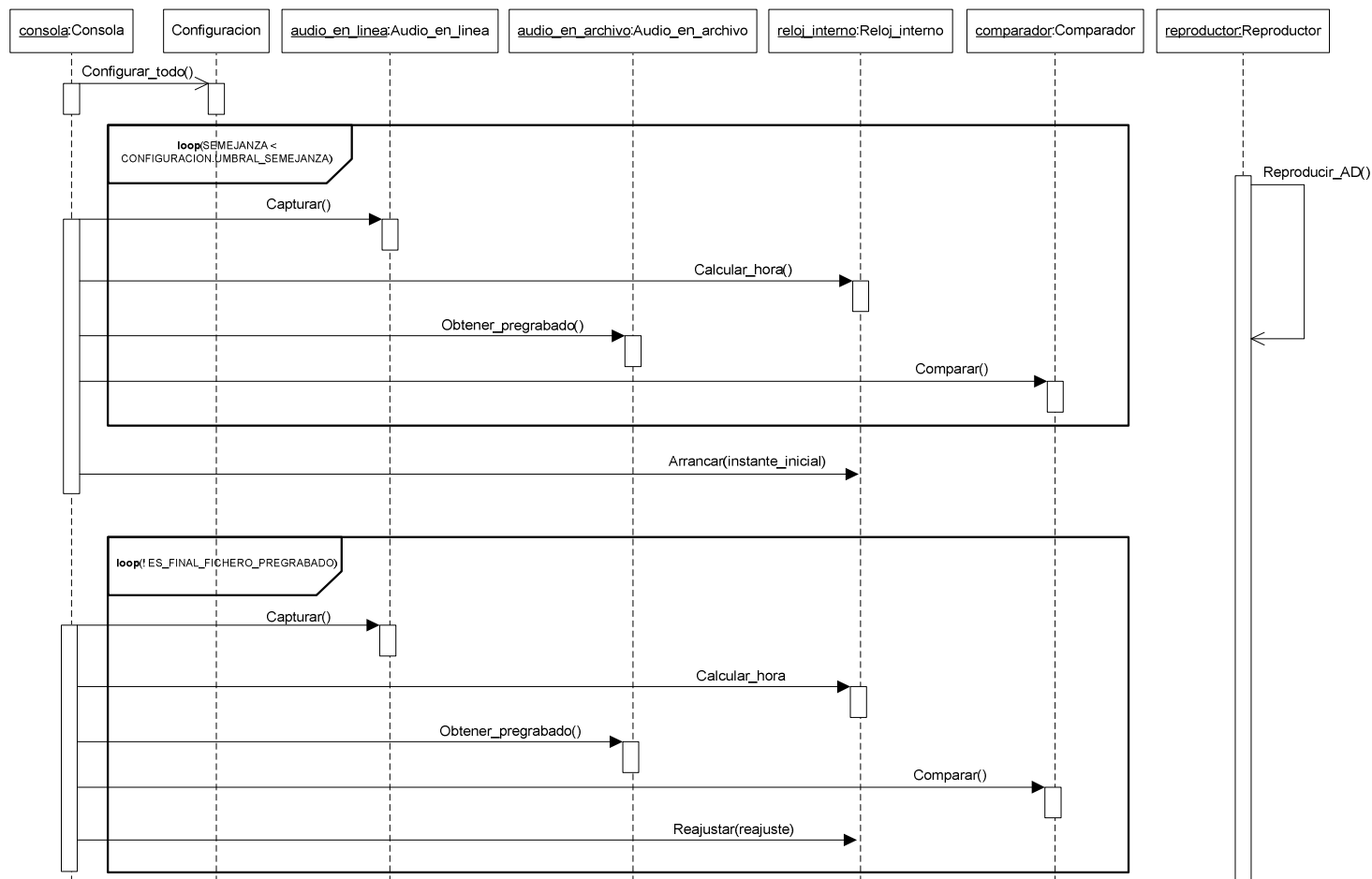


Figura 12.5 - Diagrama de secuencia UML.

## 13. Evolución de la algoritmia.

Los factores que determinan el correcto funcionamiento del proyecto SAMAD vienen determinados por el modo en que se trabaja con las señales de audio. Por esta razón en este apartado se hace una descripción justificada de las decisiones que se han ido adoptando durante el período de desarrollo.

### 13.1. Comparación de la señal de audio

#### *Algoritmo de verosimilitud.*

Para conocer el grado de igualdad entre dos tramas de sonido de la misma longitud se podrá emplear este algoritmo. Su aplicación vendrá dada por la fórmula:

$$V_i = - \sum_{j=0}^n (a_j - b_j)^2$$

De este modo se calculará en que punto de las dos tramas la coincidencia entre ambas es mayor. Como consecuencia y gracias al índice que tiene la máxima verosimilitud se sabrá también el desplazamiento que existe entre ellas.

Con el resultado obtenido el software será capaz de estimar las variaciones que se hayan podido producir en la proyección con el paso del tiempo.

El punto cuyo valor de verosimilitud sea más cercano a cero será en el que exista máxima coincidencia entre las tramas.

#### Graficas de las tramas a comparar y su correspondiente resultado.

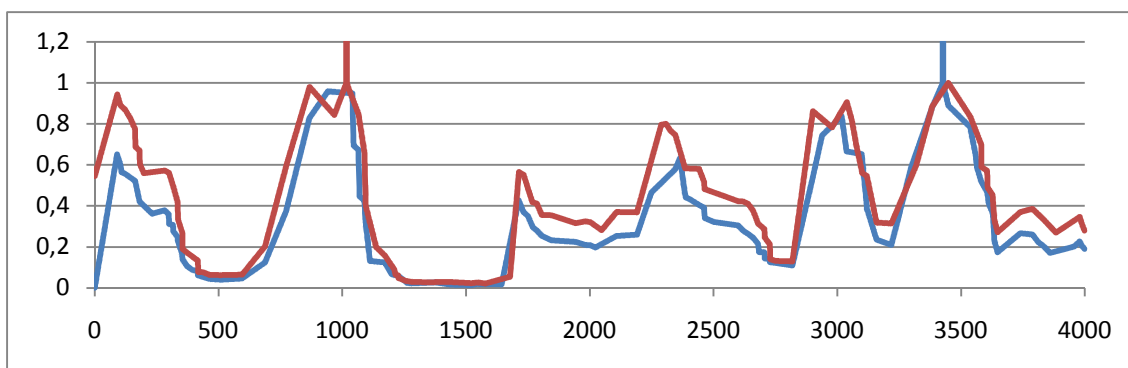


Figura 13.1 - Gráfica de comparación de tramas de sonido.

El algoritmo busca las diferencias que existen entre los picos de ambas tramas. De este modo estima el posible desplazamiento hacia delante o hacia atrás que tiene la trama de pregrabado respecto de la banda sonora.

El resultado de la comparación genera la siguiente gráfica.

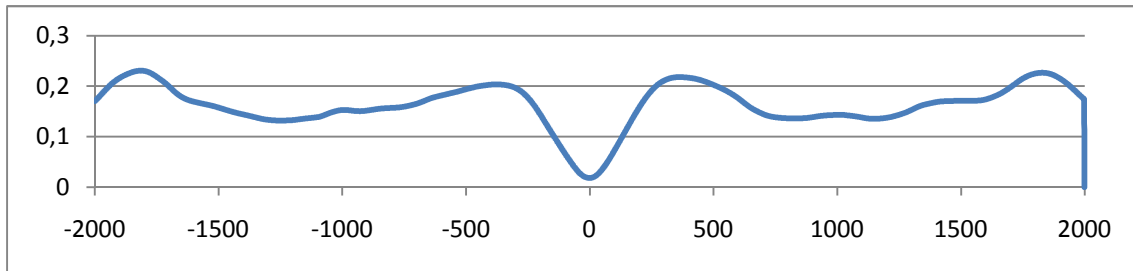


Figura 13.2 - Gráfica de verosimilitud.

En este caso la semejanza es más grande en el punto cero, lo que significa que las tramas se encuentran cuadradas y la sincronización entre el tiempo de proyección y reproducción es correcta.

Para encontrar el punto de máxima semejanza se comienza a buscar el valor más alto desde el índice cero del resultado de la comparación. El objetivo es encontrar el primer pico más cercano a este índice. Esto se hace para evitar problemas en resultados donde la grafica que generan es más plana y no tiene un pico verdaderamente significativo que determine el punto de semejanza.

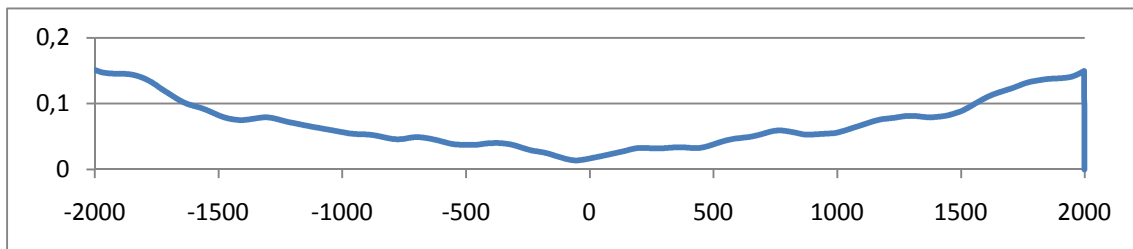


Figura 13.3 - Gráfica de verosimilitud conflictiva.

### Algoritmo de correlación.

Otro de los algoritmos a examinar será este. Su cometido será exactamente igual que el de verosimilitud pero en cambio su aplicación se realizará mediante la fórmula:

$$C_i = \sum_{j=0}^n a_j * b_j$$

En este caso los resultados de la comparación serán positivos y el punto en que la semejanza sea mayor será aquel que tenga el resultado más alto.

## 13.2. Tratamiento de la señal de audio.

### *Tamaño de la trama de sonido.*

La duración de las tramas de sonido condiciona el posterior proceso de comparación de las mismas.

En el caso de escoger tamaños de tiempo muy pequeños (del orden de milisegundos) para la duración de las tramas de audio, la señal no sufre una variación significativa. Por esta razón el resultado de las comparaciones no es el esperado ya que se determina un alto grado de igualdad en dos tramas que no contienen sonido parecido. El inconveniente a la hora de coger tramas cuyos tamaños sean de órdenes mayores es el tiempo que se tarda en procesar el audio que contienen. En estos casos el incremento de tiempo de proceso penaliza la captura solapada de tramas a través de la tarjeta de sonido.

Dados los recursos con los que se cuenta para el desarrollo se concluye que la duración óptima para trabajar con las tramas de audio es de 1 segundo. Con este tamaño se pueden encontrar variaciones entre dos tramas que no son iguales y determinar correctamente su grado de semejanza.

### *Equilibrado de niveles de energía.*

El obtener audio de dos fuentes de sonido diferentes provoca que el nivel de energía con el que se extraen de cada una de ellas pueda ser diferente.

Es complicado que la trama capturada del proyector y la trama seleccionada de pregrabado tengan el mismo nivel de energía de sonido. Esto provoca que si se comparasen tal cual se obtienen de sus respectivas fuentes, para dos tramas con el mismo sonido se determinaría que no tienen la igualdad que en realidad poseen. Esto puede verse en las graficas que se muestran a continuación:

Normalmente el sonido pregrabado siempre será de mejor calidad ya que no se distorsiona en la transmisión como le puede ocurrir a la banda sonora obtenida a través del cable conectado a la entrada de línea de la tarjeta de sonido.

Para salvar este contratiempo se atenuarán o amplificarán las señales para normalizar y equilibrar los niveles de ambas. De este modo lo primero será determinar la energía media que tiene la trama y posteriormente se dividirá cada una de las muestras que la componen por ese valor. Así se tendrán las dos tramas niveladas para la comparación.

### *Cálculo de la envolvente.*

La forma que poseen las tramas de audio provoca que la estimación de semejanza entre ambas no sea lo suficientemente precisa, provocando que el resultado de comparación entregue desplazamientos entre ellas que no son reales. Esto sucede porque el algoritmo de comparación ha determinado como iguales dos picos de energía que son diferentes.

Se hace necesario calcular el contorno de la media del valor absoluto de las tramas de sonido. A esto lo llamamos envolver la señal. Así se produce una transformación del audio en el que se obtiene la ubicación de las cimas y valles de energía repartidos a lo largo del tiempo haciendo más eficiente el proceso de comparación.

Pasaremos de una trama de sonido con esta forma:

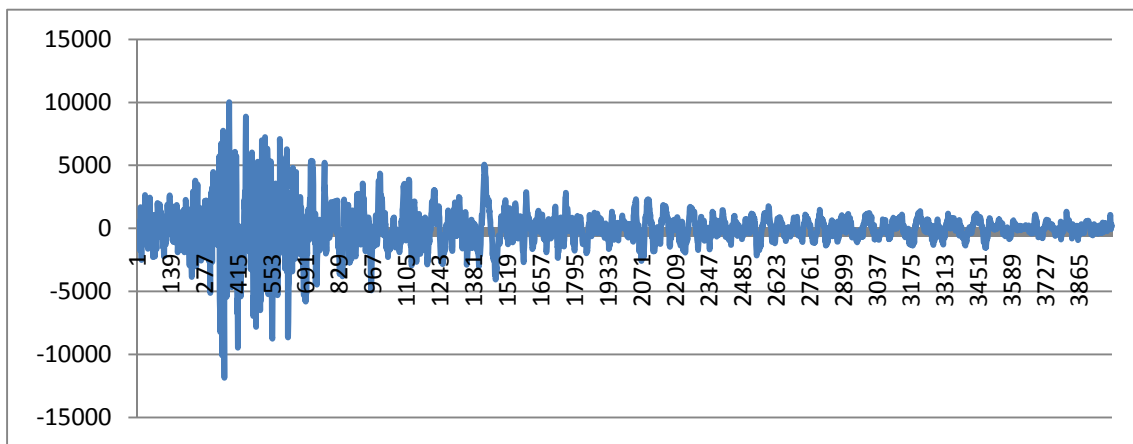


Figura 13.4 – Señal de audio.

A una con esta otra:

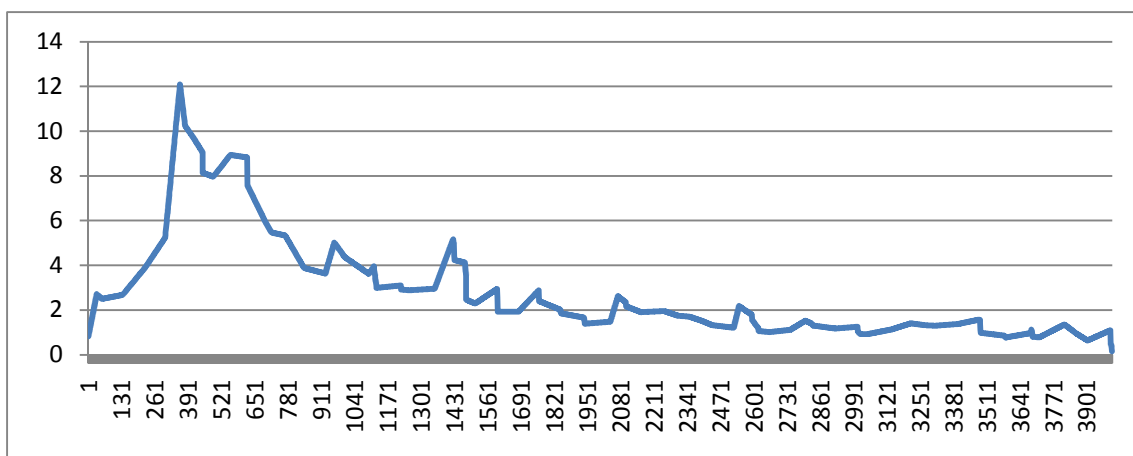


Figura 13.5 – Envolvente de la señal de audio.

### *Frecuencias de muestreo.*

El audio que emite el proyector de cine tiene una calidad considerablemente alta. Su frecuencia de muestreo puede llegar a ser hasta de 192kHz.

En cambio, la configuración de la tarjeta de sonido y el audio pregrabado de la banda sonora con el que comparamos las capturas del proyector, se muestrea a 4kHz para que su tiempo de procesamiento nos permita mantener las condiciones de funcionamiento.

Uno de los efectos que se producen sobre la señal capturada cuando sobre esta se reduce la frecuencia de muestreo es el llamado “Aliasing”. Si se realizase la comparación entre ambos tal y como se obtienen los datos de las distintas fuentes provocaría un problema de distorsión causado por la conversión directa de la frecuencia del proyector a la utilizada por el ordenador.

La solución a esto pasa por la instalación de un filtro digital de paso bajo entre la emisión de audio del proyector y la recepción del mismo por parte de la computadora donde se ejecuta SAMAD. Un filtro pasa bajo corresponde a un filtro caracterizado por permitir el paso de las frecuencias más bajas y atenuar las frecuencias más altas.

De este modo no se obtendrá distorsión en la transmisión y el audio podrá ser comparado sin problema por el sistema.

### **13.3. Estimación del tiempo de proyección.**

#### *Cálculo de la tasa de incremento de tiempo.*

Con el tratamiento del sonido previo a la comparación se ha conseguido que el resultado que entregue ésta tenga una gran precisión a la hora de determinar el desplazamiento entre dos tramas de sonido.

Las oscilaciones en la velocidad del proyector no son instantáneas, si no que se producen y se recuperan a lo largo de periodos de tiempo considerables.

En un principio se pensó recalcular el valor de la tasa de incremento cada vez que el algoritmo de comparación entregara un desplazamiento distinto de cero. Esto provocaba saltos hacia delante y hacia atrás en la estimación de la velocidad con la que avanzaba tiempo de proyección.

Para obtener una tasa de incremento de tiempo que fuera acorde con las oscilaciones que provoca el proyector, se estableció una estimación en función del valor de las últimas 100 tasas obtenidas. De este modo su valor se vería suavemente aumentado o disminuido según avanzase el tiempo.

### *Anchura de la trama.*

Cuando el ritmo del proyector varía la trama que dedicada a la captura puede contener el audio más o menos estirado en función de si la velocidad ha aumentado o disminuido.

Esto provoca que al comparar las tramas se determine que hay un desplazamiento entre ellas cuando simplemente contienen el mismo audio con la diferencia que en una está más comprimido que en otra.

Para que esto no afecte al resultado, en el mismo momento en el que se realiza la envolvente de la señal, con el valor de la tasa de incremento que se tiene del proyector se equipara la anchura de la trama capturada a la escala que tiene la del audio pregrabado.

## **13.4. Problemática de la librería DirectSound.**

### *Captura continuada de audio a través del HW de la tarjeta de sonido.*

La librería DirectSound que proporciona el SDK de desarrollo de DirectX provoca un bloqueo del sistema cuando se realizan accesos continuados a ella desde un proceso ejecutado directamente por el sistema operativo.

Para poder concluir el proyecto, la ejecución del sistema se ha realizado desde el entorno de desarrollo. El inconveniente de esto es que los tiempos de proceso son mucho mayores a los que se obtienen con la ejecución directa sobre el sistema operativo, pero en cambio de este modo no se produce el bloqueo del hardware en el momento de la captura.





## 14. Especificación de pruebas del sistema.

En este apartado se detalla cómo se ha evaluado el comportamiento del sistema SAMAD y los límites en los que trabaja. Para ello se ha usado un banco de pruebas que simula la situación real que existe en una sala de cine durante la proyección de una película de celuloide.

### 14.1. Descripción del banco de pruebas.

El banco de pruebas pretende simular la situación real de la proyección de una película de celuloide de 35mm. junto con la reproducción automática de las audiodescripciones que tiene ésta. En el caso real existe un proyector que además de mostrar la película emite el audio correspondiente a la banda sonora. También hay personas que están sentadas en la sala las cuales reciben las audiodescripciones a través del oído.

Este banco de pruebas se compone de dos módulos, el “*Speaker*” y el “*Listener*”. Ambos se ubican en un ordenador distinto de donde se esa ejecutando SAMAD pero próximo a él. El primero de ellos imita al proyector de celuloide y reproduce el audio de la banda sonora. El segundo emula al oído humano de la persona que se encuentra en la sala de cine disfrutando de la película. A continuación se muestra un esquema de su funcionamiento.

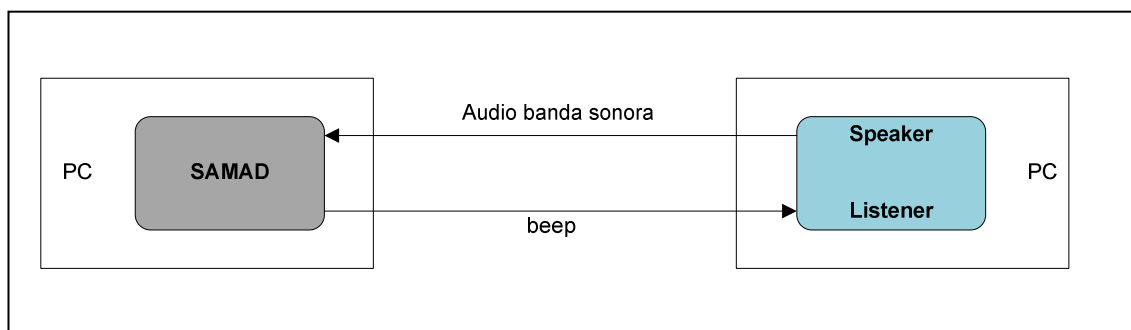


Figura 14.1 - Esquema del Banco de pruebas.

El procedimiento para la validación y la verificación del correcto funcionamiento del sistema SAMAD es el siguiente:

El *Speaker* se dedicará únicamente a reproducir sonido. Emitirá por la interfaz de salida de la tarjeta de sonido de un ordenador el audio correspondiente a la banda sonora de la película.

El *Listener* se dedicará a grabar el sonido de las audiodescripciones que le llegan al ordenador por la entrada de línea de la tarjeta de sonido.

Con la información obtenida en estas pruebas se realizará un análisis que se detalla en el siguiente capítulo “Informe de resultados.”.

El software en el que nos apoyaremos para crear los módulos de “Speaker” y “Listener” será el ACID Pro proporcionado por el fabricante Sony.

ACID nos da la posibilidad de emitir y capturar audio al mismo tiempo en un único ordenador. Permite generar archivos de soluciones compuestas por pistas de audio las cuales se pueden configurar según las necesidades de emisión o recepción de sonido.

Para nuestro proyecto deberemos crear una solución que contenga:

- Tantas pistas como pruebas unitarias se desean hacer.
- Una pista de grabación que sea capaz de almacenar las audiodescripciones que son emitidas desde SAMAD.

## 14.2. Listado de pruebas unitarias.

Para realizar una validación formal del sistema se precisa del empleo del audio de una película. En nuestro caso utilizaremos como ejemplo el filme de “Dos policías rebeldes II”.

Cada una de las pruebas se realizará sobre los 30 primeros minutos de audio de la película, ya que se considera como un tiempo significativo para asegurar el mantenimiento de sincronía.

Para la creación de los archivos de sonido que contengan cada una de las pruebas se empleará el programa de edición de sonido “Sony SoundForge”, el cual permitirá aplicar al audio original los efectos necesarios que simulen las diferentes situaciones que podrían producirse en la sala de cine.

A continuación se describen las pruebas a realizar sobre el sistema. Estarán englobadas en tres grupos: Variación de velocidad de proyección, ruidos y distorsiones introducidas en el audio de la banda sonora.

Con ellas se pretende cubrir dos maneras de obtener el sonido emitido por el proyector: cuando el sonido se manda a través de un cable desde el proyector hasta el PC o cuando el sonido es obtenido gracias a un micrófono que se ubica en la sala de proyección.

### *Variaciones de velocidad.*

El audio emitido por el proyector de celuloide de 35mm puede verse afectado por su modo de funcionamiento. Como ya se ha explicado en los apartados anteriores, dado su carácter mecánico puede provocar una variación en el ritmo de proyección provocando que el audio se reproduzca con aceleraciones o deceleraciones según el caso.

Cada una de las variaciones provocadas será medida en semitonos de octava de audio. La equivalencia entre este valor y el porcentaje de aumento o decremento de la velocidad es el siguiente:

- 1.5 semitonos – 9.5%
- 1.0 semitonos – 6.8%
- 0.5 semitonos – 3.5%

#### PRUEBAS DE VELOCIDAD

| PRUEBA  | DESCRIPCIÓN   |
|---|---|
| <b>Velocidad normal</b>                           | Se simula una velocidad de reproducción por parte del proyector sin ningún cambio de ritmo. El audio de banda sonora es el mismo que el pregrabado.   |
| <b>Velocidad de proyección<br/>0.5 semitonos</b>  | - Recrea el caso en el que el proyector de cine toma una velocidad de proyección de medio semitono por debajo del ritmo de reproducción normal.   |
| <b>Velocidad de proyección<br/>+0.5 semitonos</b> | Recrea el caso en el que el proyector de cine toma una velocidad de proyección de medio semitono por encima del ritmo de reproducción normal.   |
| <b>Velocidad de proyección<br/>-1.0 semitonos</b> | Recrea el caso en el que el proyector de cine toma una velocidad de proyección de un semitono por debajo del ritmo de reproducción normal.  |
| <b>Velocidad de proyección<br/>+1.0 semitonos</b> | Recrea el caso en el que el proyector de cine toma una velocidad de proyección de un semitono por encima del ritmo de reproducción normal.  |
| <b>Velocidad de proyección<br/>-1.5 semitonos</b> | Recrea el caso en el que el proyector de cine toma una velocidad de proyección de un semitono y medio por debajo del ritmo de reproducción normal.  |
| <b>Velocidad de proyección<br/>±0.5 semitonos</b> | Recrea el caso en el que el proyector toma una velocidad normal al principio para acelerarse hasta 0.5 semitonos por encima de su velocidad normal llegando a la mitad de la prueba de nuevo con una velocidad normal. A partir de este punto de nuevo comenzara a decelerarse hasta alcanzar los 0.5 semitonos por debajo de la velocidad normal para de nuevo alcanzar el final con una velocidad normal. |

Tabla 14-1 - Especificación de pruebas de velocidad.

## Ruidos.

Dependiendo cómo se obtenga la señal de entrada de la banda sonora esta puede sufrir la introducción de ruido en función del canal por donde se transporta. Se definirán tres clases de ruido:

Ruido blanco. El ruido blanco es una señal aleatoria (proceso estocástico) que se caracteriza porque sus valores de señal en dos instantes de tiempo diferentes no guardan correlación estadística. Como consecuencia de ello, su densidad espectral de potencia es una constante y su gráfica es plana. Esto significa que la señal contiene todas las frecuencias y todas ellas tienen la misma potencia. Este ruido podría ser introducido por el cable que conecta el proyector con la tarjeta de sonido del ordenador.

Ruido humano. En el caso de obtener el audio de la banda sonora a través de un micrófono colocado en la sala de proyección, no solo se captaría el sonido de la película sino también posibles comentarios que hiciera la gente que la está viendo desde su butaca.

Ruido mecánico. Al igual que con el ruido humano, existen otros muchos agentes en una sala de cine que pueden provocar ruidos. Un ejemplo de ello puede ser el aire acondicionado de la climatización o el generado por la propia maquinaria del proyector. Estos ruidos del mismo modo que las voces, serían capturados en el caso de obtener la banda sonora a través de un micrófono situado en la sala.

El ruido se aplicará sobre el audio limpio de la banda sonora. Ésta no tendrá ningún otro tipo de variación de velocidad o distorsión. Se incluirán tramos de 10 minutos de ruido a partir de los instantes 3:30 y 18:00.

| PRUEBAS DE RUIDO          |  |
|---------------------------|--|
| PRUEBA                    | DESCRIPCIÓN  |
| <b>Ruido blanco +24db</b> | Se aplica una relación señal ruido de +24db sobre el audio de la banda sonora. |
| <b>Ruido blanco +16db</b> | Se aplica una relación señal ruido de +16db sobre el audio de la banda sonora. |
| <b>Ruido blanco +8db</b>  | Se aplica una relación señal ruido de +8db sobre el audio de la banda sonora.  |
| <b>Ruido blanco +4db</b>  | Se aplica una relación señal ruido de +4db sobre el audio de la banda sonora.  |

|                             |  |
|-----------------------------|--|
| <b>Ruido mecánico +32db</b> | Se aplica una relación señal ruido de +32db sobre el audio de la banda sonora. |
| <b>Ruido mecánico +24db</b> | Se aplica una relación señal ruido de +24db sobre el audio de la banda sonora. |
| <b>Ruido mecánico +20db</b> | Se aplica una relación señal ruido de +20db sobre el audio de la banda sonora. |
| <b>Ruido humano + 24db</b>  | Se aplica una relación señal ruido de +24db sobre el audio de la banda sonora. |
| <b>Ruido humano + 16db</b>  | Se aplica una relación señal ruido de +16db sobre el audio de la banda sonora. |
| <b>Ruido humano + 8db</b>   | Se aplica una relación señal ruido de +8db sobre el audio de la banda sonora.  |

**Tabla 14-2 - Especificación de pruebas de ruido.**

### *Distorsiones.*

Eco. Se produce eco cuando la onda sonora se refleja perpendicularmente en una pared (o a través de una montaña de forma Natural). Para que se produzca eco, la superficie reflectante debe estar separada del foco sonoro una determinada distancia: 17 m para sonidos musicales y 11,34 m para sonidos secos, lo que se debe a la persistencia acústica.

Reverberación. La reverberación es un fenómeno derivado de la reflexión del sonido consistente en una ligera prolongación del sonido una vez que se ha extinguido el original, debido a las ondas reflejadas. Estas ondas reflejadas sufrirán un retardo no superior a 50 milisegundos, que es el valor de la persistencia acústica, tiempo que corresponde, de forma teórica, a una distancia recorrida de 17 metros a la velocidad del sonido (el camino de ida y vuelta a una pared situada a 8'5 metros de distancia). Cuando el retardo es mayor ya no hablamos de reverberación, sino de eco

Ambos casos se producirán cuando el modo de captación de la banda sonora sea mediante un micrófono colocado en la sala de proyección.

### **PRUEBAS DE DISTORSIÓN**

| <b>PRUEBA</b>               | <b>DESCRIPCIÓN</b>   |
|-----------------------------|--|
| <b>Eco Delay 25ms. -6db</b> | Sobre el audio se aplica un ECO cuyo delay es de 25ms y su volumen se encuentra 6db por debajo de la banda sonora. |

|  |   |
|--|---|
| <b>Eco Delay 50ms. -6db</b>            | Sobre el audio se aplica un ECO cuyo delay es de 50ms y su volumen se encuentra 6db por debajo de la banda sonora.  |
| <b>Eco Delay 75ms. -2db</b>            | Sobre el audio se aplica un ECO cuyo delay es de 75ms y su volumen se encuentra 2db por debajo de la banda sonora.  |
| <b>Eco Delay 90ms. (Sala grande)</b>   | Sobre el audio se aplica un ECO cuyo delay es de 90ms y su volumen simula al producido en una sala de grandes dimensiones como pudiera ser una de cine.                   |
| <b>Reverberación (Sala grande)</b>     | Sobre el audio se aplica una Reverberación que simula la producida en una sala de grandes dimensiones y cuyo volumen se encuentra 30db por debajo de la banda sonora.     |
| <b>Reverberación (Sala muy grande)</b> | Sobre el audio se aplica una Reverberación que simula la producida en una sala de muy grandes dimensiones y cuyo volumen se encuentra 20db por debajo de la banda sonora. |

Tabla 14-3 - Especificación de pruebas de distorsión.

### Configuración a emplear en las pruebas.

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<SAMAD>
  <Configuracion>
    <Silencio umbral="10000"/>
    <Trama duracion="1000"/>
    <Ancho_envolvente muestras="100"/>

    <Arranque nombre="Bad">
      <Alternativa nombre="Bad" comparacion="similitud"
        envolvente="picos" normalizacion="mediaB" tiempo="61000"
        umbral="-2.8"/>
    </Arranque>

    <Sincronizacion nombre="Dos" >
      <Alternativa nombre="Dos" comparacion="similitud"
        envolvente="picos" normalizacion="maximaB" />
    </Sincronizacion>

    <Banda_sonora canal_derecho="true" canal_izquierdo="false" />

    <Pregrabado canal_0="true"/>
  </Configuracion>

  <Audiodescripciones>
    <Audiodescripcion nombre="tono1.wav" inicio="60000"/>
    <Audiodescripcion nombre="tono2.wav" inicio="120000"/>
    <Audiodescripcion nombre="tono3.wav" inicio="180000"/>
    <Audiodescripcion nombre="tono1.wav" inicio="240000"/>
  </Audiodescripciones>
</SAMAD>
```

```
<Audiodescripcion nombre="tono2.wav" inicio="300000"/>
<Audiodescripcion nombre="tono3.wav" inicio="360000"/>
<Audiodescripcion nombre="tono1.wav" inicio="420000"/>
<Audiodescripcion nombre="tono2.wav" inicio="480000"/>
<Audiodescripcion nombre="tono3.wav" inicio="540000"/>
<Audiodescripcion nombre="tono1.wav" inicio="600000"/>
<Audiodescripcion nombre="tono2.wav" inicio="660000"/>
<Audiodescripcion nombre="tono3.wav" inicio="720000"/>
<Audiodescripcion nombre="tono1.wav" inicio="780000"/>
<Audiodescripcion nombre="tono2.wav" inicio="840000"/>
<Audiodescripcion nombre="tono3.wav" inicio="900000"/>
<Audiodescripcion nombre="tono1.wav" inicio="960000"/>
<Audiodescripcion nombre="tono2.wav" inicio="1020000"/>
<Audiodescripcion nombre="tono3.wav" inicio="1080000"/>
<Audiodescripcion nombre="tono1.wav" inicio="1140000"/>
<Audiodescripcion nombre="tono2.wav" inicio="1200000"/>
<Audiodescripcion nombre="tono3.wav" inicio="1260000"/>
<Audiodescripcion nombre="tono1.wav" inicio="1320000"/>
<Audiodescripcion nombre="tono2.wav" inicio="1380000"/>
<Audiodescripcion nombre="tono3.wav" inicio="1440000"/>
<Audiodescripcion nombre="tono1.wav" inicio="1500000"/>
<Audiodescripcion nombre="tono2.wav" inicio="1560000"/>
<Audiodescripcion nombre="tono3.wav" inicio="1620000"/>
<Audiodescripcion nombre="tono1.wav" inicio="1680000"/>
<Audiodescripcion nombre="tono2.wav" inicio="1740000"/>
<Audiodescripcion nombre="tono3.wav" inicio="1800000"/>
</Audiodescripciones>
</SAMAD>
```





## 15. Informe de resultados.

Tras la ejecución de las pruebas descritas en el apartado anterior los resultados obtenidos se detallarán a continuación. La forma de interpretar estos resultados debe ser la siguiente:

1. Cada prueba tiene unos instantes fijados que se corresponden con los momentos en los que debe comenzar a reproducirse cada una de las audiodescripciones. Esos instantes serán identificados por un “beep”.
2. Todas las pruebas tienen 29 momentos de reproducción de una audiodescripción. Teniendo en cuenta que duran 30 minutos, habrá una cada minuto.
3. El resultado de cada prueba proporcionará los instantes reales (marcados por el beep) en los que cada audiodescripción se ha comenzado a reproducir.
4. El dato que aportará información relevante para determinar la calidad de cada prueba será la diferencia de tiempo entre el momento en el que se deben reproducir sus beep y el momento en el que en realidad se han reproducido.

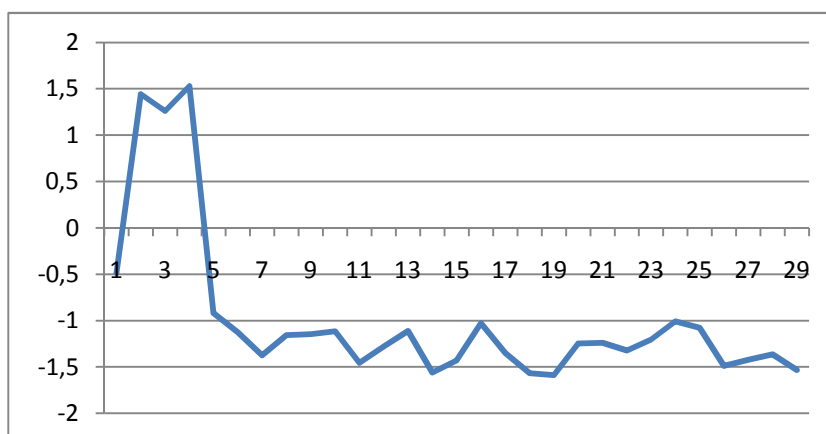
Cada resultado se analizará mediante una gráfica donde se vea la evolución en los instantes de reproducción.

### 15.1. Graficas y datos relevantes obtenidos.

Las graficas de los resultados están agrupadas por cada tipo de prueba. En cada una de ellas se muestra los puntos correspondientes a las diferencias de los instantes donde se debería haber realizado la reproducción y los instantes en los que en realidad se ha hecho, unidos por una línea. En todos los casos debe mantenerse una estabilidad pudiendo oscilar ligeramente dentro de un pequeño límite de varios segundos.

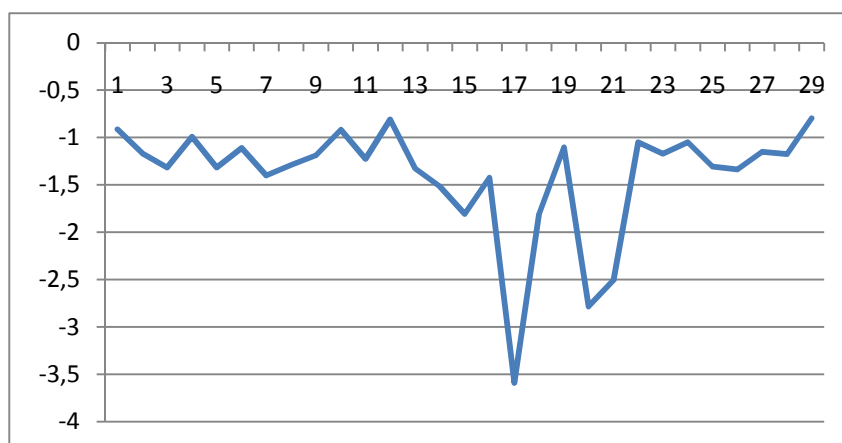
#### 15.1.1. Pruebas de velocidad.

##### *Velocidad Normal.*



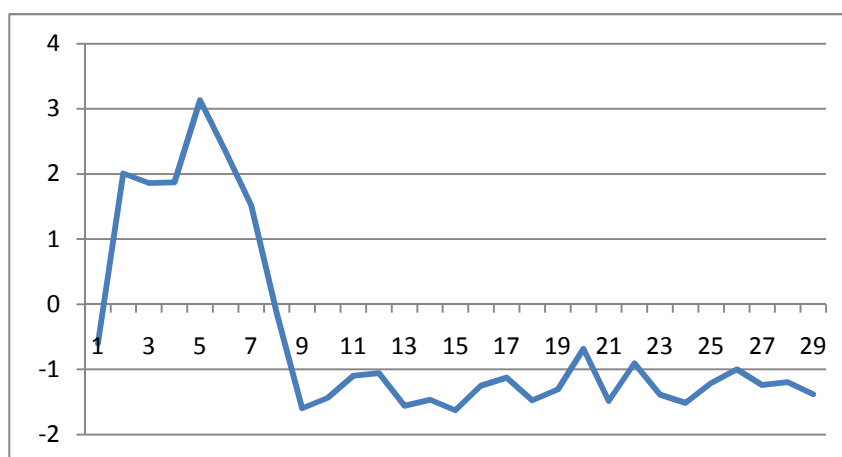
Como se puede observar la sincronía se mantiene correctamente a lo largo de toda la prueba. Las oscilaciones en tiempos de reproducción varían entre el adelanto o retraso de 1,5 segundos. Se puede considerar que la precisión a la hora de reproducir cada mensaje es bastante buena.

#### *Velocidad de -0.5 Semitonos.*



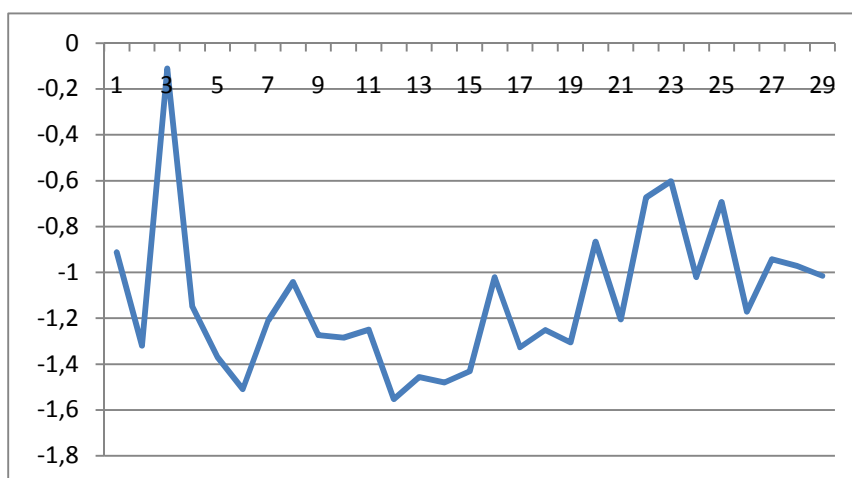
En este caso la reproducción de cada audiodescripción siempre se retrasa al instante en el que se debería realizar. La máxima desviación es de hasta 3,5 segundos siendo la media en torno a 1,5. La sincronía es estable y es capaz de recuperarse de los picos anómalos.

#### *Velocidad de +0.5 Semitonos.*



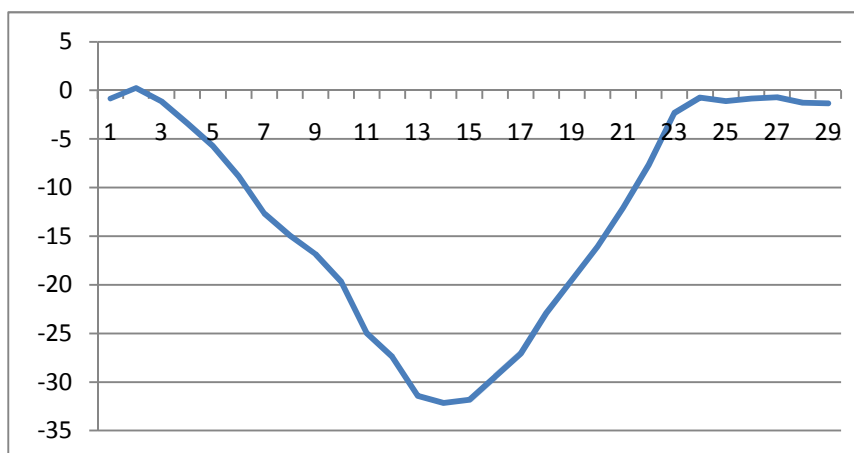
Ocurre lo mismo que en el caso de la deceleración de 0.5 semitonos. La sincronía se mantiene con un retraso medio de 1,5 segundos en la reproducción de cada audiodescripción recuperándose de picos producidos por retrasos de hasta 3 segundos.

### *Velocidad de -1.0 Semitonos.*



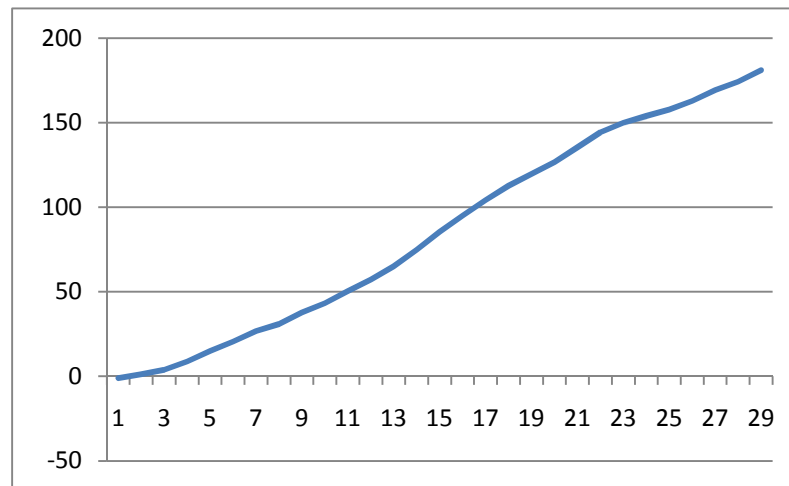
La disminución de la velocidad de hasta 1 semitono por debajo del ritmo original no afecta negativamente en la sincronización. Se continua con la media de 1,5 segundos de retraso en la reproducción de la audiodescripción.

### *Velocidad de +1.0 Semitonos.*



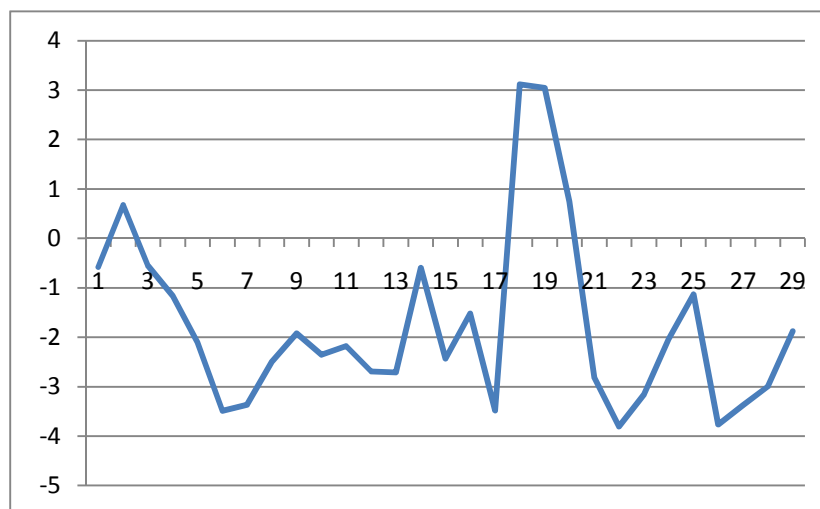
Al acelerar el ritmo al contrario que ocurría con el retraso de éste, la sincronización se pierde al cabo de los primeros minutos. Se observa un intento de recuperación el cual no se puede tomar como valido debido a que la desviación en tiempos ha llegado a ser de hasta 30 segundos.

### *Velocidad de -1.5 Semitonos.*



El decremento de velocidad de hasta 1,5 semitonos provoca que la sincronía no se mantenga estable. A partir de los primeros minutos se pierde completamente siendo imposible el intento de recuperación de la misma.

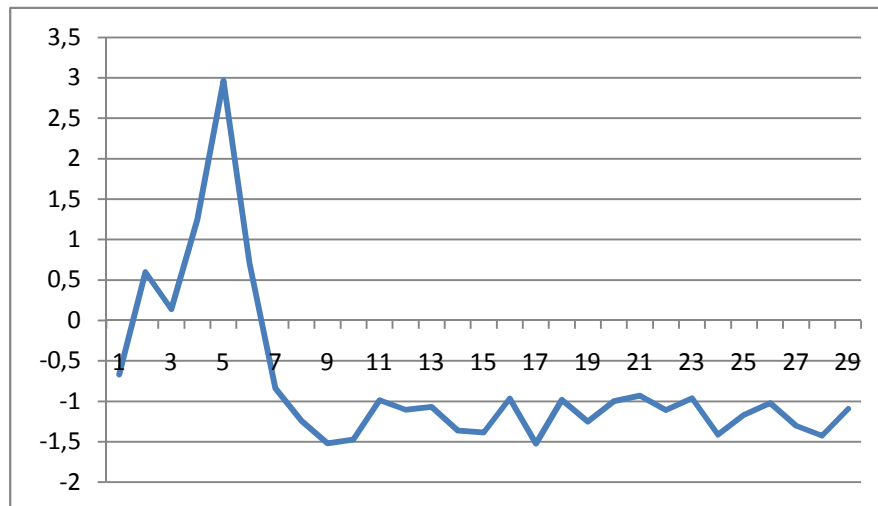
### *Velocidad de $\pm 0.5$ Semitonos.*



Esta prueba es la más significativa de todas. En ella se simula la aceleración y la deceleración del proyector en una misma sesión de cine. Este es el caso que más se ajusta a la realidad. Se puede observar que la sincronía se mantiene en un intervalo de adelanto o retraso de la reproducción de las audiodescripciones de en torno a 3 segundos de media. No hay pérdida de la sincronía en ningún momento.

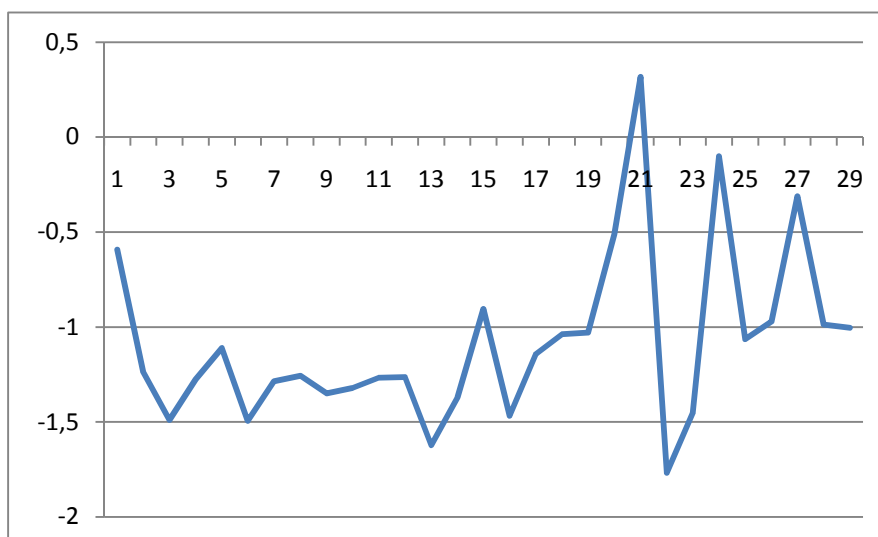
### 15.1.2. Pruebas de Ruido.

*Ruido blanco +24db.*



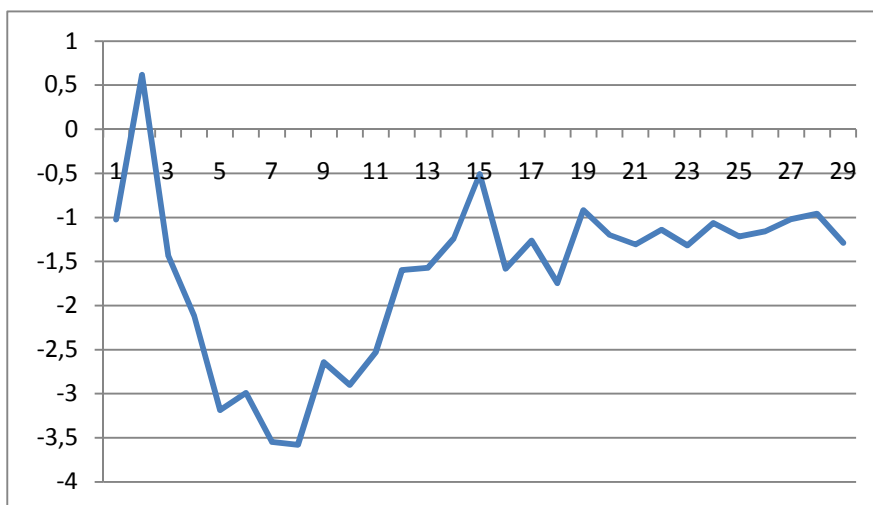
El nivel de señal – ruido es demasiado pequeño como para deformar lo suficiente las muestras de audio que provienen del proyector, lo que no provoca pérdida de la sincronía. Se mantiene dentro de la media habitual de 1,5 segundos de retraso en la reproducción salvando el pico inicial de 3 segundos de adelanto.

*Ruido blanco +16db.*



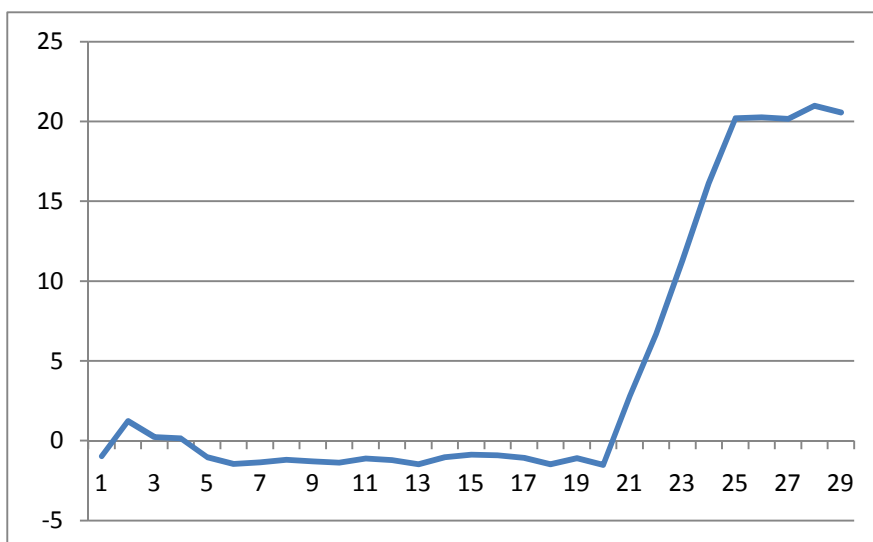
Este nivel de señal – ruido es el que más se asemeja al que pudiera introducir el proyector por el canal de transmisión al enviar el audio al PC. La sincronía siempre se encuentra en el mismo intervalo de confianza, 1,5 segundos de retraso respecto al punto donde debería reproducirse cada mensaje.

### *Ruido blando +8db.*



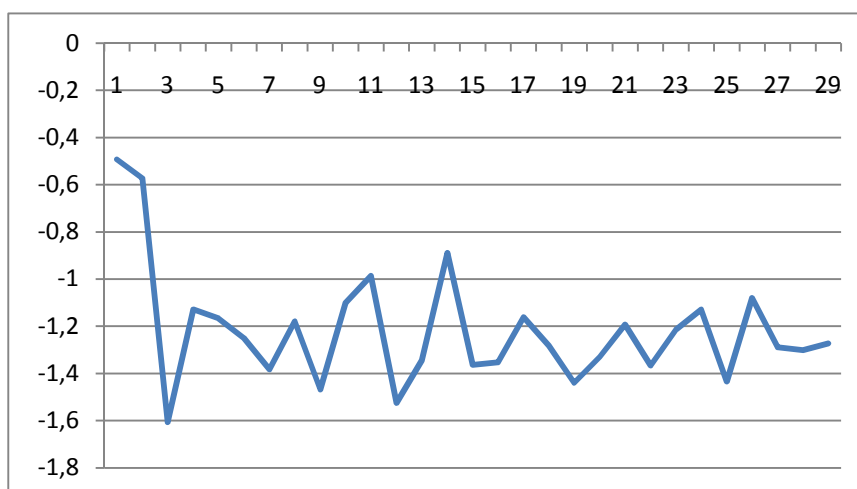
Se sigue manteniendo sincronización dentro de unos límites aceptables. Es un buen resultado a pesar de que este nivel de señal ruido comienza a ser demasiado alto para una transmisión de audio en buenas condiciones.

### *Ruido blanco +4db.*



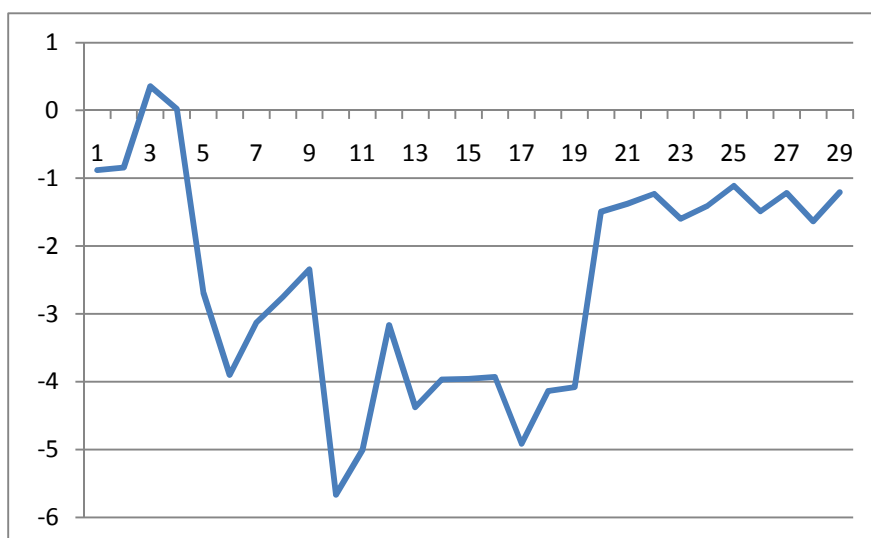
En este caso la sincronía se mantiene en unos valores aceptables hasta el minuto 21 de proyección. Esto se debe que los momentos de silencio en esos casos provocan que la comparación entre ruido y una trama que no contiene audio den como resultado la pérdida de la sincronización entre el proyector y el sistema.

### *Ruido Mecánico +32db.*



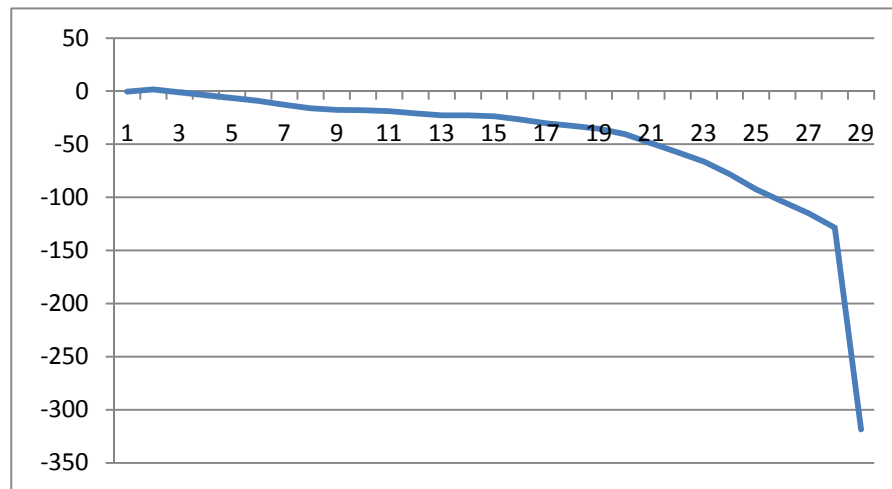
El nivel de ruido mecánico es muy bajo respecto al volumen de la banda sonora de la película. La sincronía se mantiene sin problema con una media de retraso de 1,5 segundos en la reproducción de cada mensaje de audiodescripción.

### *Ruido Mecánico +24db.*



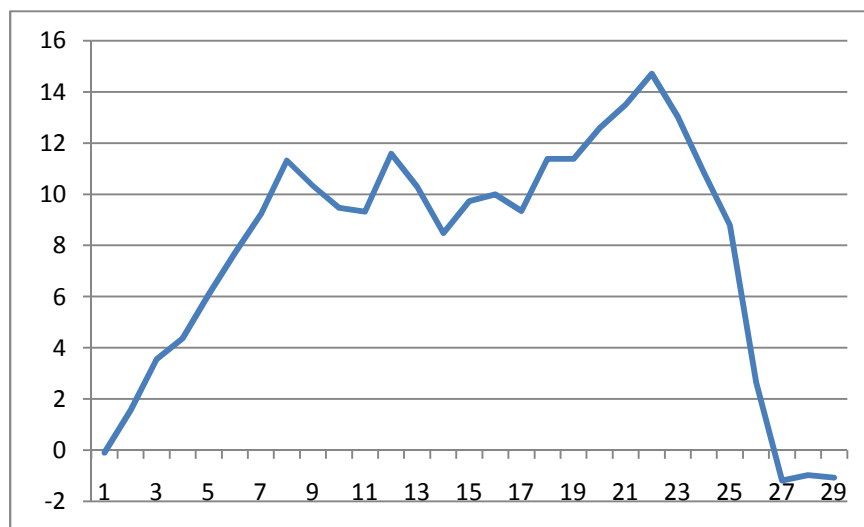
El aumento del volumen del ruido provoca que el retraso en las reproducciones de las audiodescripciones aumente sensiblemente hasta los 5,5 segundos llegando a recuperarse posteriormente.

### *Ruido Mecánico +20db.*



Con un nivel de señal – ruido de +20db es imposible mantener la sincronía. La deformación que sufre la señal de sonido de la banda sonora es demasiado grande como para conseguir establecer correctamente los instantes de reproducción de cada audiodescripción.

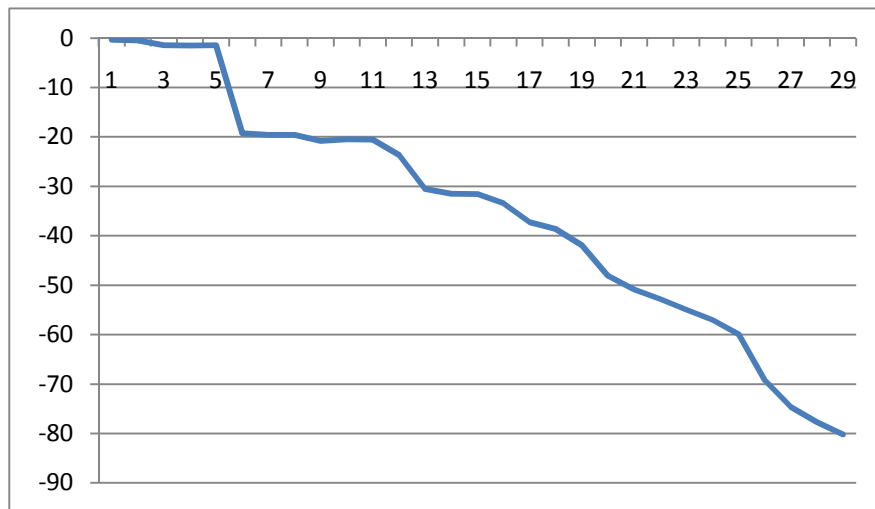
### *Ruido Humano +24db.*



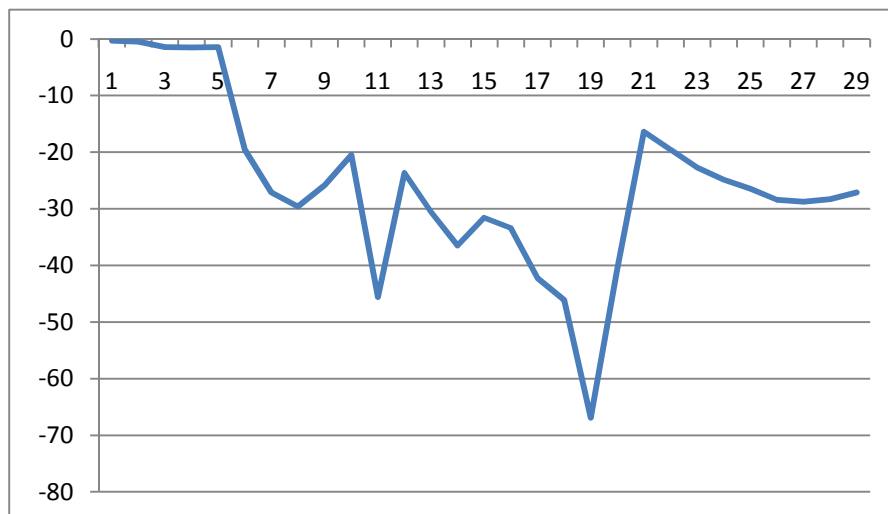
La introducción de voces humanas provoca la pérdida de la sincronía. La deformidad de la señal de la banda sonora pasa a ser demasiado grande como para poder obtener buenos resultados en la comparación.



*Ruido Humano +16db.*



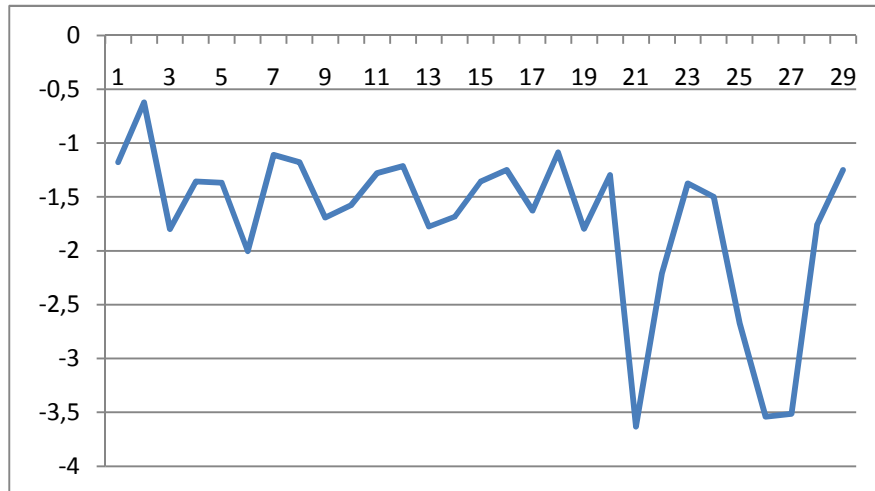
*Ruido Humano +8db.*



En los dos últimos casos se puede observar que no se mantiene la sincronía con la mezcla de voces humanas en la recepción de la banda sonora por parte del PC.

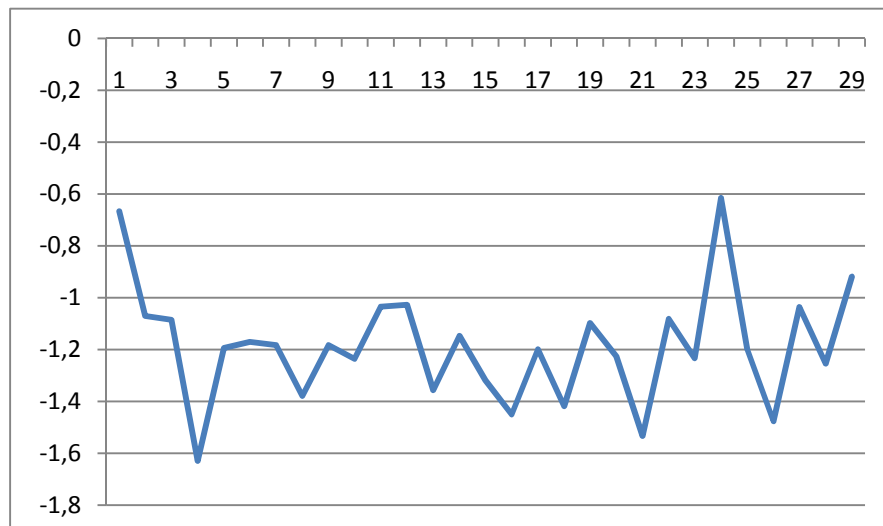
### 15.1.3. Pruebas de distorsión.

*ECO con delay de 25ms.*



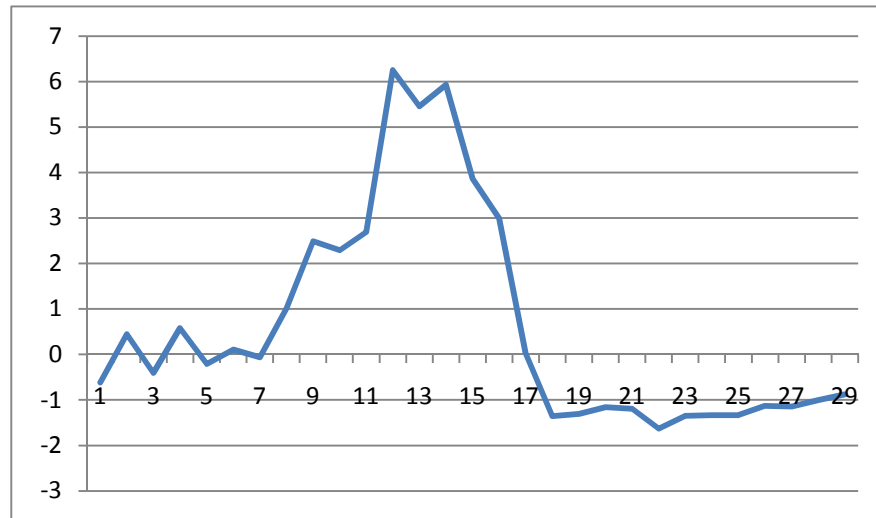
El eco no provoca una desviación anómala en la sincronización. Su volumen se encuentra a -6db con respecto al sonido de la banda sonora, es por esta razón por la que apenas ésta sufre una distorsión grave.

*ECO con delay de 50ms.*



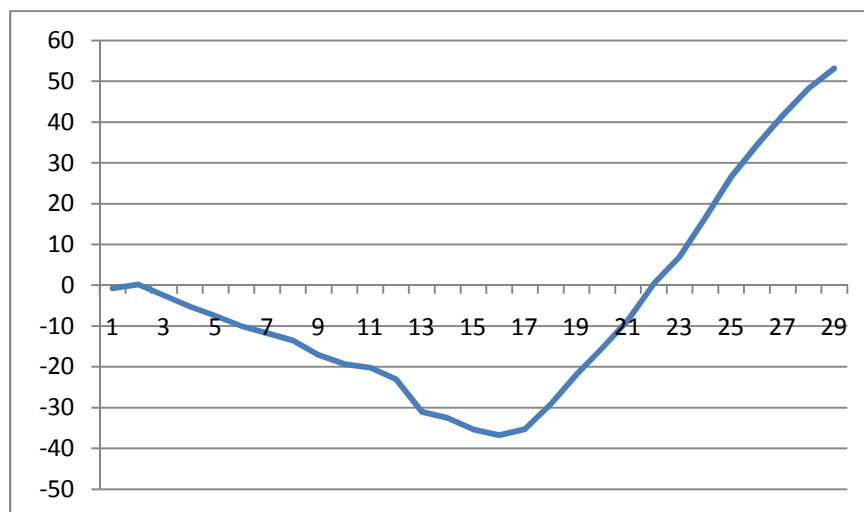
Al aumentar el delay con el que se transmite el eco a 50ms. los resultados de sincronización siguen siendo aceptables. Las reproducciones se mantienen estables con un retraso medio de 1,5 ms. para cada una de ellas.

### *ECO con delay de 75ms.*



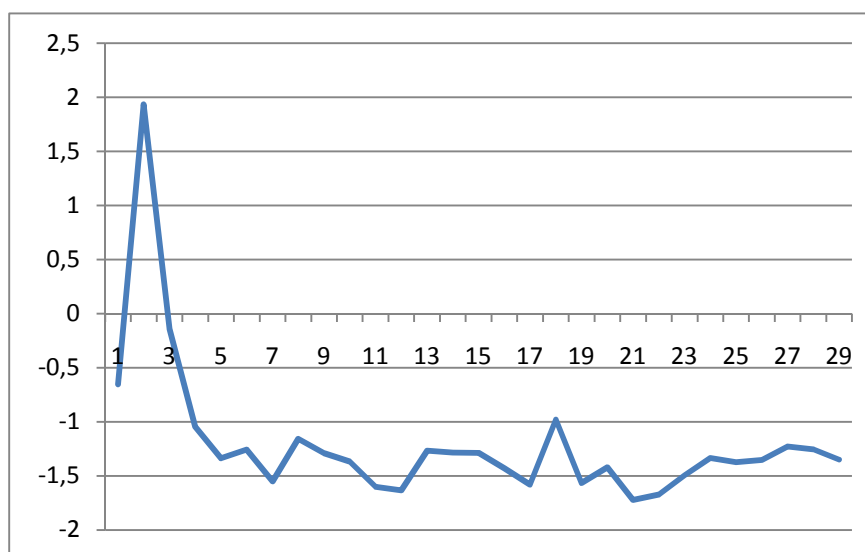
Al seguir aumentando el delay del eco sin subir su nivel de volumen vemos que la sincronía sigue sin verse afectada significativamente. Hay un pico que supera los 3 segundos y que posteriormente es recuperado a un intervalo de valores por debajo de 2 segundos de retraso en la sincronización.

### *ECO con delay de 90ms -2db.*



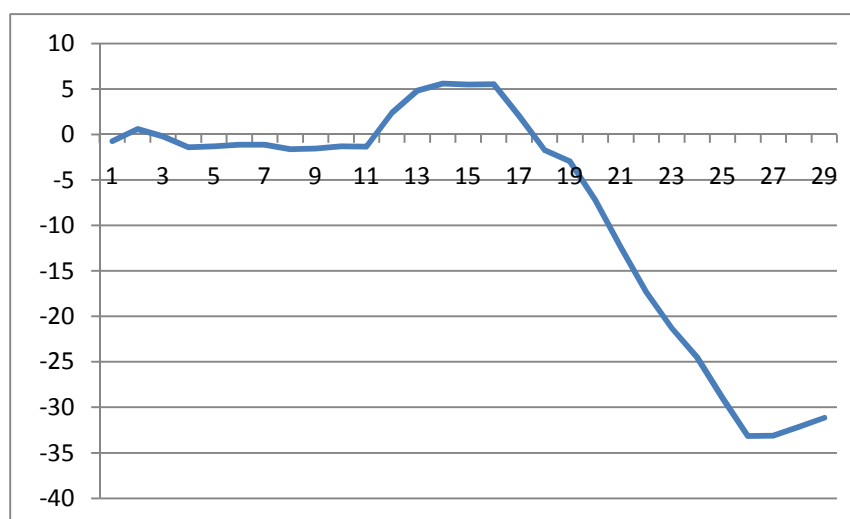
Si se aumenta más el delay del eco y además se sube su nivel de volumen con respecto a la reproducción de la banda sonora el mantenimiento de la sincronía se pierde. La distorsión de la señal es demasiado alta como para seguir siendo comparable con los fragmentos de pregrabado.

### *Reverberación de una sala grande.*



El que la reverberación se produzca 30db por debajo del volumen de la señal de la banda sonora y que la sala en que se reproduce no sea de un tamaño semejante al de una sala de cine, hace que la distorsión sea mínima y la sincronización pueda mantenerse sin problema a lo largo de la película.

### *Reverberación de una sala muy grande.*



Al subir el volumen de la reverberación hasta 20db por debajo de la señal de banda sonora y aumentar el tamaño de la sala donde se simula la reproducción de manera que se asemeje al de una sala de cine, la sincronización llega a perderse debido a la alta deformidad en la señal original.

## 15.2. Resumen de resultados.

| <i>PRUEBA</i>  |                            | <i>RESULTADO</i> |
|----------------|----------------------------|------------------|
| Velocidad      | -0,50                      | OK               |
|                | 0,50                       | OK               |
|                | -1,00                      | OK               |
|                | 1,00                       | X                |
|                | -1,50                      | X                |
|                | ±0,5                       | OK               |
| Ruido blanco   | 24db                       | OK               |
|                | 16 db                      | OK               |
|                | 8 db                       | OK               |
|                | 4 db                       | X                |
| Ruido mecánico | 32 db                      | OK               |
|                | 24 db                      | OK               |
|                | 20 db                      | X                |
| Ruido humano   | 24 db                      | X                |
|                | 16 db                      | X                |
|                | 8 db                       | X                |
| Eco            | Delay 25 ms. -6 db         | OK               |
|                | Delay 50 ms. -6 db         | OK               |
|                | Delay 75 ms. -2 db         | OK               |
|                | Delay 90 ms. (Sala Grande) | X                |
| Reverberación  | Sala grande (-30 db.)      | OK               |
|                | Sala muy grande (-20 db.)  | X                |

Tabla 15-1 - Resumen de resultados.



## 16. Conclusiones.

---

Una vez finalizado el proyecto y después de la obtención de resultados con la ejecución de las pruebas se puede afirmar que el objetivo del mismo ha sido cumplido satisfactoriamente.

Se conoce la calidad de los algoritmos de sincronización de audio y además se ha creado una aplicación con la capacidad de reproducir automáticamente los mensajes de audiodescripción que pertenecen a una película la cual está siendo visionada mediante el uso de un sistema de proyección de celuloide de 35mm.

Para que el sistema tenga un correcto funcionamiento se han estudiado los diferentes casos que pueden existir a la hora de realizar el proceso de reproducción automática. Estos casos se podrían englobar en dos grandes grupos.

1. Cuando se recibe el audio a través de un cable conectado al proyector.
2. Cuando el audio es obtenido a través de un micrófono ubicado en la sala.

Con los datos obtenidos se puede afirmar que el caso más favorable para la captura de sonido es cuando ésta se realiza a través de un cable conectado al proyector de cine. Esto evita la problemática generada por la grabación de eco, la reverberación o voces de la gente que se encuentran en la sala en el caso de que el audio fuera obtenido a través de un micrófono colocado en ella. Así únicamente sería necesario contemplar las posibilidades de:

- Introducción de ruido blanco por el canal de transmisión (cable que conecta el PC con el proyector).
- Variación de la velocidad del proyector en el ritmo de proyección.

Teniendo en cuenta estas dos premisas se puede concluir con que los algoritmos de sincronización de audio funcionan de forma óptima cuando no se superan los valores de:

- 16db de diferencia entre la señal y el ruido.
- Una variación de velocidad en la proyección de  $\pm 3,5\%$  aprox..

**NOTA:** El que la desviación en tiempos sea de hasta varios segundos en algunos casos y dicha circunstancia no provoque pérdida de la sincronía es debido al retardo en la reproducción y captura del sonido beep. También influye en que la envolvente genera graficas armónicas las cuales complican la determinación de posibles desplazamientos.





## 17. Futuras líneas de trabajo.

---

Aunque los resultados obtenidos con el desarrollo del proyecto cumplen las necesidades que fueron planteadas al inicio, a medida que se ha ido avanzando en su implementación se han podido descubrir nuevos frentes que mejorarían la calidad del proceso de reproducción automática de las audiodescripciones.

### *Captura de sonido óptima.*

Sería interesante investigar sobre la realización de una migración a un lenguaje de programación como JAVA, el cual puede trabajar a más bajo nivel con el hardware y proporcionar una solución a dicho contratiempo.

### *Análisis espectral.*

A pesar de que el cálculo de la envolvente facilite la comparación de las tramas de sonido en nuestro proyecto, también introduce una penalización a la hora de diferenciar dos tramas que contengan audio distinto porque sus envolventes pueden ser muy parecidas.

El análisis espectral de la señal de audio evitaría este problema. Consistiría en descomponer algo complejo en partes simples o identificar en ese algo complejo las partes más simples que lo forman. Hay una base física para modelar la luz, el sonido o las ondas de radio en superposición de diferentes frecuencias. Un proceso que cuantifique las diversas intensidades de cada frecuencia.

Así se identificaría con mayor facilidad que sonido contiene cada trama diferente con la que se trabaja.





## 18. Conclusiones personales.

---

Personalmente la realización de este proyecto supone la finalización de una etapa muy importante en mi formación académica.

En él he podido aplicar múltiples conocimientos que he ido adquiriendo a lo largo de los años de estudio en la universidad, pero también he descubierto nuevas facetas de trabajo como puede ser la investigación sobre un ámbito desconocido por mí hasta el momento.

He descubierto lo importante que es contar con un tutor el cual se preocupe por tu trabajo y el cual tenga verdadero interés por verlo salir adelante.



## 19. Apéndice A. Catálogo de requisitos de usuario.

|   |                         |
|---|-------------------------|
| <b>Identificador:</b>   | U001                    |
| <b>Nombre:</b>  | Funcionalidad principal |
| <b>Descripción:</b><br>El sistema debe reproducir automáticamente y de forma simultánea a la acción de la película, la audiodescripción que se corresponde con lo que se está viendo en la pantalla. El sonido de cada una de ellas se deberá enviar al receptor de señal de audio que reciben las personas invidentes a la entrada a la sala y mediante un auricular que lleva éste conectado podrán escuchar el sonido de cada mensaje de audiodescripción. |                         |

|  |                                     |
|--|-------------------------------------|
| <b>Identificador:</b>  | U002                                |
| <b>Nombre:</b>   | Reproducción de audiodescripciones. |
| <b>Descripción:</b><br>Los momentos en los que se deben reproducir las audiodescripciones se deberán obtener de un registro de tiempos que ha sido elaborado por el director de audiodescripción de la película. |                                     |

|   |                  |
|---|------------------|
| <b>Identificador:</b>   | U003             |
| <b>Nombre:</b>  | Audio capturado. |
| <b>Descripción:</b><br>El audio de la banda sonora que es emitida por el proyector debe ser capturado por el ordenador a través de la interfaz de entrada de línea de su tarjeta de sonido. |                  |

|   |                                     |
|---|-------------------------------------|
| <b>Identificador:</b>   | U004                                |
| <b>Nombre:</b>  | Contador de tiempo de reproducción. |
| <b>Descripción:</b><br>Definimos como “tiempo de proyección” una referencia al fotograma proyectado calculada como: $\frac{1}{24} \text{ seg.} \times N$ . Donde N se corresponde con el número de fotograma.<br><br>Definimos como “tiempo de reproducción”: una estimación del tiempo de proyección que corresponde a una indicación temporal del fotograma proyectado.<br><br>Existirá un reloj interno que indique el tiempo actual de reproducción del sistema con objeto de mantener la sincronía con el proyector. |                                     |



|  |                      |
|--|----------------------|
| <b>Identificador:</b>  | U005                 |
| <b>Nombre:</b>   | Acceso a información |
| <b>Descripción:</b><br>El sistema deberá acceder a la configuración que debe tomar él mismo, al audio pregrabado, al registro de tiempos de reproducción y a los archivos de audiodescripción. Todo ello se encuentra almacenado en el ordenador donde se ejecuta. |                      |

|   |                       |
|---|-----------------------|
| <b>Identificador:</b>   | U006                  |
| <b>Nombre:</b>  | Robustez del sistema. |
| <b>Descripción:</b><br>Durante la proyección pueden existir momentos de silencio en la banda sonora de la película y también puede darse el caso de que la velocidad del proyector varíe. Estos casos deben ser tolerados por el sistema de sincronización. |                       |

|  |                      |
|--|----------------------|
| <b>Identificador:</b>  | U007                 |
| <b>Nombre:</b>   | Preproceso del audio |
| <b>Descripción:</b><br>El sonido empleado en la comparación ha de ser preparado con antelación para facilitar el correcto resultado de éste proceso. |                      |

|  |                       |
|--|-----------------------|
| <b>Identificador:</b>  | U008                  |
| <b>Nombre:</b>   | Comparación de audio. |
| <b>Descripción:</b><br>El audio capturado del proyector debe compararse con una copia de la banda sonora pregrabada que esta almacenada en el disco duro del ordenador y como resultado se deberá obtener la estimación del tiempo de proyección |                       |

|  |                                |
|--|--------------------------------|
| <b>Identificador:</b>  | U009                           |
| <b>Nombre:</b>   | Condiciones de funcionamiento. |
| <b>Descripción:</b><br>La sincronización debe funcionar siempre y cuando los limites técnicos de los recursos con los que se cuenta para el desarrollo no se vean rebasados. |                                |



|  |                            |
|--|----------------------------|
| <b>Identificador:</b>  | U010                       |
| <b>Nombre:</b>   | Configuración del sistema. |
| <b>Descripción:</b><br>Los parámetros de ejecución del sistema deben tomar los valores que se especifiquen en un fichero de configuración. En este fichero también se detallan los instantes de tiempo en las que se deben reproducir las audiodescripciones. Dicha configuración está accesible en una carpeta del ordenador y debe ser fácilmente modificable para cambiar el modo de trabajo del sistema. |                            |

|   |                    |
|---|--------------------|
| <b>Identificador:</b>   | U011               |
| <b>Nombre:</b>  | Fases de sincronía |
| <b>Descripción:</b><br>Para la sincronización se entenderán dos fases. Una de arranque y otra de mantenimiento. |                    |

|  |                       |
|--|-----------------------|
| <b>Identificador:</b>  | U012                  |
| <b>Nombre:</b>   | Arranque de sincronía |
| <b>Descripción:</b><br>El instante cero de reproducción es aquel que fija el director de audiodescripciones para el inicio de la sincronización de la proyección y SAMAD.<br>Este instante de tiempo debe ser anterior al momento de emisión de cualquier audiodescripción.<br>SAMAD analizará el audio entrante de la banda sonora hasta que identifique el sonido correspondiente al instante cero. A partir de este momento iniciará los procesos para mantener la sincronía. |                       |

|   |                                     |
|---|-------------------------------------|
| <b>Identificador:</b>   | U013                                |
| <b>Nombre:</b>  | Mantenimiento de la sincronización. |
| <b>Descripción:</b><br>Una vez establecido el instante cero, el reloj interno de reproducción debe mantener la sincronía con el proyector a lo largo de la duración de la película. Esto será posible siempre que no se rebasen las limitaciones técnicas que se tienen para el desarrollo. |                                     |

|  |                     |
|--|---------------------|
| <b>Identificador:</b>  | U014                |
| <b>Nombre:</b>   | Tiempos de proceso. |
| <b>Descripción:</b><br>El tiempo que se tarde en procesar las tramas de sonido ha de ser lo suficientemente bajo como para permitir que exista solapamiento entre dos capturas de audio realizadas a través de la tarjeta de sonido. |                     |





## 20. Apéndice B. Catálogo de requisitos de software.

|                       |   |
|-----------------------|---|
| <b>Identificador:</b> | S001  |
| <b>Nombre:</b>        | Reproducción de audiodescripciones  |
| <b>Descripción:</b>   | El sistema será capaz de reproducir de modo automático el mensaje de audiodescripción que se corresponde con las imágenes que se ven en la pantalla de cine según lo indica el registro de tiempos. |

|                       |   |
|-----------------------|---|
| <b>Identificador:</b> | S002  |
| <b>Nombre:</b>        | Captura de sonido   |
| <b>Descripción:</b>   | El sistema será capaz de capturar la banda sonora que emite el proyector a través de la entrada de línea de su tarjeta de sonido. |

|                       |  |
|-----------------------|--|
| <b>Identificador:</b> | S003   |
| <b>Nombre:</b>        | Aplicación de soporte.   |
| <b>Descripción:</b>   | <p>El sistema será una aplicación de consola mediante la cual se imprima por pantalla la información de utilidad hacia el exterior. Detallará:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiempo reproducción.</li> <li>• Semejanza del audio comparado.</li> <li>• Tasa de incremento de tiempo del reloj interno</li> <li>• Valor de la energía de sonido de la trama capturada</li> </ul> |

|                       |  |
|-----------------------|--|
| <b>Identificador:</b> | S004   |
| <b>Nombre:</b>        | Contenido del almacén de datos ubicado en el ordenador.  |
| <b>Descripción:</b>   | El ejecutable del programa, la configuración, las audiodescripciones y la banda sonora pregrabada están almacenados en el disco duro del ordenador de manera que se encuentren accesibles en 4 carpetas: la carpeta con el nombre “AD” contendrá los mensajes de audiodescripción. La carpeta “AP” guardará el archivo de audio pregrabado. El fichero de configuración estará en la carpeta “CONFIG”. Por último, el resto de archivos ejecutables y librerías necesarias para el funcionamiento del sistema estarán en la carpeta “BIN”. |



|   |  |
|---|--|
| <b>Identificador:</b>   | S005                                   |
| <b>Nombre:</b>  | Composición del fichero configuración. |
| <b>Descripción:</b><br>La carpeta “CONFIG” contendrá el fichero de configuración en el que se detallan los valores predeterminados de los parámetros de ejecución de SAMAD y el registro de tiempos de mensaje. |  |

|   |                          |
|---|--------------------------|
| <b>Identificador:</b>   | S006                     |
| <b>Nombre:</b>  | Parámetros de ejecución. |
| <b>Descripción:</b><br>SAMAD trabajará según los valores de los parámetros de ejecución del sistema. Estos parámetros son: Umbral de potencia, duración de la captura, etc. (Ver fichero XML de configuración detallado en el capítulo de diseño)<br>Al iniciarse el sistema, los valores deben ser cargados en el banco de datos de configuración. |                          |

|   |                                 |
|---|---------------------------------|
| <b>Identificador:</b>   | S007                            |
| <b>Nombre:</b>  | Registro de tiempos de mensaje. |
| <b>Descripción:</b><br>El registro de tiempos está compuesto por la lista de audiodescripciones junto con la base de tiempos en la que deben ser reproducidas. Deberá ser cargado al mismo tiempo que la configuración. |                                 |

|  |                        |
|--|------------------------|
| <b>Identificador:</b>  | S008                   |
| <b>Nombre:</b>   | Reloj de reproducción. |
| <b>Descripción:</b><br>Habrá un contador de tiempo el cuál contendrá la estimación del momento en el que se encuentra la proyección de la película. Tendrá una tasa de incremento con la que calcule el ritmo de aumento del tiempo. |                        |

|   |                                      |
|---|--------------------------------------|
| <b>Identificador:</b>   | S009                                 |
| <b>Nombre:</b>  | Digitalización del sonido capturado. |
| <b>Descripción:</b><br>La banda sonora que proviene del proyector a través del cable conectado al ordenador debe ser digitalizado ajustándose al estándar definido por el formato PCM. Para ello se hace uso de la funcionalidad proporcionada por DirectX. |                                      |



|  |                             |
|--|-----------------------------|
| <b>Identificador:</b>  | S010                        |
| <b>Nombre:</b>   | Umbral de sonido capturado. |
| <b>Descripción:</b><br>El sonido de la banda sonora de la película se evaluará siempre y cuando éste supere el umbral de potencia de audio establecido en el fichero de configuración. |                             |

|   |                                |
|---|--------------------------------|
| <b>Identificador:</b>   | S011                           |
| <b>Nombre:</b>  | Selección de audio pregrabado. |
| <b>Descripción:</b><br>Debido a la imposibilidad de tratar el fichero de pregrabado de una sola vez a causa de su tamaño, se deben poder seleccionar tramas de la duración indicado en el fichero de configuración. Éstas serán identificadas a partir del tiempo indicado en el reloj interno de reproducción. |                                |

|  |                                     |
|--|-------------------------------------|
| <b>Identificador:</b>  | S012                                |
| <b>Nombre:</b>   | Tratamiento de las tramas de audio. |
| <b>Descripción:</b><br>La comparación del audio debe realizarse sobre tramas homologas de manera que será necesario preprocesar las señales para que se adecuen a la posterior manipulación. |                                     |

|   |                                  |
|---|----------------------------------|
| <b>Identificador:</b>   | S013                             |
| <b>Nombre:</b>  | Composición de canales de audio. |
| <b>Descripción:</b><br>El sonido de las tramas de audio capturadas y pregrabadas suele venir repartido en diferentes canales. El sistema debe poder componer dichos canales de manera que genere una mezcla del sonido almacenada en una única pista. |                                  |

|  |                                      |
|--|--------------------------------------|
| <b>Identificador:</b>  | S014                                 |
| <b>Nombre:</b>   | Comparación de las tramas de sonido. |
| <b>Descripción:</b><br>Para mantener la sincronización se debe comparar las tramas que se han obtenido de la captura y de la selección de pregrabado. Con el resultado de dicha comparación ha de poderse actualizar el tiempo y la tasa marcada por el reloj interno de reproducción. |                                      |



|  |                                     |
|--|-------------------------------------|
| <b>Identificador:</b>  | S015                                |
| <b>Nombre:</b>   | Reajuste del reloj de reproducción. |
| <b>Descripción:</b><br>Con el resultado obtenido de la comparación se debe reajustar el tiempo que marca el reloj interno de reproducción. De esta manera se mantendrá sincronizado en todo momento con el propio ritmo de proyección. A su vez se debe corregir la tasa con la que se incrementa el tiempo para así corregir las desviaciones que se producían en el mecanismo de proyección. |                                     |

|   |                               |
|---|-------------------------------|
| <b>Identificador:</b>   | S016                          |
| <b>Nombre:</b>  | Salida de audiodescripciones. |
| <b>Descripción:</b><br>Con el control sobre el tiempo que indica el reloj interno y el especificado por el director de audiodescripción en el registro de tiempos se deberá escoger y reproducir como salida el mensaje de audiodescripción que corresponde con la marca establecida. |                               |

## 21. Apéndice C. Matrices de trazabilidad.

| RS->RU | RU-1 | RU-2 | RU-3 | RU-4 | RU-5 | RU-6 | RU-7 | RU-8 | RU-9 | RU-10 | RU-11 | RU-12 | RU-13 | RU-14 |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| RS-1   | X    |      |      |      |      |      |      |      | X    |       |       |       |       |       |
| RS-2   |      |      | X    |      |      |      |      |      | X    |       |       |       |       |       |
| RS-3   |      |      |      |      |      |      |      |      | X    |       |       |       |       |       |
| RS-4   |      |      |      |      | X    |      |      |      | X    | X     |       |       |       |       |
| RS-5   |      | X    |      |      |      |      |      |      | X    | X     |       |       |       |       |
| RS-6   |      |      |      |      |      |      |      |      | X    | X     |       |       |       |       |
| RS-7   |      | X    |      |      |      |      |      |      | X    |       |       |       |       |       |
| RS-8   |      |      |      | X    |      |      |      |      | X    |       |       |       |       |       |
| RS-9   |      |      | X    |      |      |      |      |      | X    |       |       |       |       | X     |
| RS-10  |      |      | X    |      |      | X    |      |      | X    |       |       |       |       |       |
| RS-11  |      |      |      |      |      |      |      |      | X    |       |       |       |       | X     |
| RS-12  |      |      |      |      |      |      | X    |      | X    |       |       |       |       | X     |
| RS-13  |      |      |      |      |      |      | X    |      | X    |       |       |       |       | X     |
| RS-14  |      |      |      |      |      |      |      | X    | X    |       |       |       |       | X     |
| RS-15  |      |      |      | X    |      |      |      |      | X    |       | X     | X     | X     | X     |
| RS-16  | X    | X    |      |      |      |      |      |      | X    |       |       |       |       |       |

Tabla 21-1 - Matriz de trazabilidad de RS a RU.

| Proc->RU                | RU-1 | RU-2 | RU-3 | RU-4 | RU-5 | RU-6 | RU-7 | RU-8 | RU-9 | RU-10 | RU-11 | RU-12 | RU-13 | RU-14 |
|-------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SAMAD                   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |       |       |       |
| Getor de sincronización |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |       |       |       |
| Capturador de audio     |      |      | X    |      |      | X    |      |      | X    |       |       |       |       | X     |
| Tratamiento de audio    |      |      |      |      | X    | X    | X    |      | X    | X     |       |       |       | X     |
| Comparador              |      |      |      | X    | X    | X    |      | X    | X    | X     | X     | X     | X     | X     |
| Asignador de Repro.     | X    | X    |      |      |      |      |      |      | X    | X     |       |       |       |       |

Tabla 21-2 - Matriz de trazabilidad de Procesos a RU.

| RS->Proc | SAMAD                 |                      |            |                        |
|----------|-----------------------|----------------------|------------|------------------------|
|          | Gestor sincronización |                      |            | Asignador reproducción |
|          | Capturador de audio   | Tratamiento de audio | Comparador |                        |
| RS-1     |                       |                      |            | X                      |
| RS-2     | X                     |                      |            |                        |
| RS-3     | X                     | X                    | X          | X                      |
| RS-4     |                       | X                    | X          | X                      |
| RS-5     |                       | X                    | X          | X                      |
| RS-6     |                       | X                    | X          |                        |
| RS-7     |                       |                      |            | X                      |
| RS-8     |                       |                      | X          | X                      |
| RS-9     | X                     |                      |            |                        |
| RS-10    | X                     |                      |            |                        |
| RS-11    |                       | X                    |            |                        |
| RS-12    |                       | X                    |            |                        |
| RS-13    |                       | X                    |            |                        |
| RS-14    |                       |                      | X          |                        |
| RS-15    |                       |                      | X          |                        |
| RS-16    |                       |                      |            | X                      |

Tabla 21-3 - Matriz de trazabilidad de RS a Procesos.

| RU->Datos | Banda sonora<br>Audiodescripción<br>Fragmento pregrabado<br>Instante actual<br>Desplazamiento<br>Registro de tiempos<br>Sonido<br>RELOJ<br>CONFIGURACIÓN<br>PREGRABADO<br>AUDIODESCRIPCIONES<br>PROGRAMACIÓN |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-----------|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
|           |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| RU-1      |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| RU-2      |  | X |   | X |   | X |   |   |   |   | X | X |
| RU-3      | X  |   |   |   |   |   | X |   |   |   |   | X |
| RU-4      |  |   |   | X | X | X |   | X |   |   |   |   |
| RU-5      |  |   |   |   |   |   |   |   | X | X | X | X |
| RU-6      |  |   |   |   | X |   |   |   |   |   |   |   |
| RU-7      |  |   | X |   |   |   | X |   |   |   |   |   |
| RU-8      |  |   | X |   |   |   | X |   |   |   |   |   |
| RU-9      | X  | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| RU-10     |  |   |   |   |   |   |   |   | X |   |   |   |
| RU-11     |  |   |   |   |   |   |   | X |   |   |   |   |
| RU-12     |  |   |   |   |   |   |   | X |   |   |   |   |
| RU-13     |  |   |   |   |   |   |   | X |   |   |   |   |
| RU-14     |  |   |   |   |   |   |   | X |   |   |   |   |

Tabla 21-4 - Matriz de trazabilidad de RU a Flujos y bancos de datos.

| RS->Datos | Banda sonora | Audiodescripción | Fragmento pregrabado | Instante actual | Desplazamiento | Registro de tiempos | Sonido | RELOJ | CONFIGURACIÓN | PREGRABADO | AUDIODESCRIPCIONES | PROGRAMACIÓN |
|-----------|--------------|------------------|----------------------|-----------------|----------------|---------------------|--------|-------|---------------|------------|--------------------|--------------|
|           |              |                  |                      |                 |                |                     |        |       |               |            |                    |              |
| RS-1      |              |                  |                      |                 |                |                     |        |       |               |            | X                  |              |
| RS-2      | X            |                  |                      |                 |                |                     |        |       |               |            |                    |              |
| RS-3      |              |                  |                      |                 |                |                     |        |       |               |            |                    |              |
| RS-4      |              |                  |                      |                 |                |                     |        |       | X             | X          | X                  | X            |
| RS-5      |              |                  |                      |                 |                | X                   |        |       | X             |            |                    |              |
| RS-6      |              |                  |                      |                 |                |                     |        |       | X             |            |                    |              |
| RS-7      |              |                  |                      |                 |                | X                   |        |       |               |            |                    |              |
| RS-8      |              |                  |                      |                 |                |                     |        | X     |               |            |                    |              |
| RS-9      | X            |                  |                      |                 |                |                     | X      |       |               |            |                    |              |
| RS-10     | X            |                  |                      |                 |                |                     |        |       |               |            |                    |              |
| RS-11     |              |                  | X                    | X               |                |                     |        |       |               |            |                    |              |
| RS-12     |              |                  |                      |                 |                |                     | X      |       |               |            |                    |              |
| RS-13     |              |                  |                      |                 |                |                     | X      |       |               |            |                    |              |
| RS-14     |              |                  |                      |                 |                |                     | X      |       |               |            |                    |              |
| RS-15     |              |                  |                      |                 | X              |                     |        | X     |               |            |                    |              |
| RS-16     |              | X                |                      |                 |                |                     |        |       |               |            | X                  |              |

Tabla 21-5 - Matriz de trazabilidad de RS a Flujos y bancos de datos.

| RS - Arquitectura   | RS-1 | RS-2 | RS-3 | RS-4 | RS-5 | RS-6 | RS-7 | RS-8 | RS-9 | RS-10 | RS-11 | RS-12 | RS-13 | RS-14 | RS-15 | RS-16 |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Proyector           |      |      |      |      |      |      |      |      | X    |       |       |       |       |       |       |       |
| Sincronizador       |      | X    | X    |      |      | X    |      |      | X    | X     | X     | X     | X     | X     |       |       |
| Banco Configuración |      |      | X    | X    | X    |      |      |      |      |       |       | X     | X     | X     |       |       |
| Reloj               |      |      | X    |      |      |      |      | X    |      |       |       |       |       |       | X     |       |
| Reproductor         | X    |      | X    | X    |      |      | X    |      |      |       |       |       |       |       |       | X     |

Tabla 21-6 - Matriz de trazabilidad de RS a Elementos arquitectónicos.



## 22. Anexo A. Características técnicas de las librerías y el software usado en el desarrollo

---

### 22.1. DirectX

DirectX es una colección de API creadas y recreadas para facilitar las complejas tareas relacionadas con multimedia, especialmente programación de juegos y vídeo en la plataforma Microsoft Windows.

DirectX consta de los siguientes APIs:

- Direct3D: utilizado para el procesado y la programación de gráficos en tres dimensiones (una de las características más usadas de DirectX).
- Direct Graphics: para dibujar imágenes en dos dimensiones (planas), y para representación de imágenes en tres dimensiones.
- DirectInput: utilizado para procesar datos del teclado, mouse, joystick y otros controles para juegos.
- DirectPlay: para comunicaciones en red.
- DirectSound: para la reproducción y grabación de sonidos de ondas.
- DirectMusic: para la reproducción de pistas musicales compuestas con DirectMusic Producer.
- DirectShow: para reproducir audio y vídeo con transparencia de red.
- DirectSetup: para la instalación de componentes DirectX.
- DirectCompute: Lenguaje e instrucciones especiales para manejo de cientos o miles de hilos de procesamiento, especial para procesadores de núcleos masivos.

A pesar de ser desarrollado exclusivamente para la plataforma Windows, una implementación open source de su API se encuentra en progreso para sistemas Unix (en particular Linux) y X Window System por el proyecto WineHQ, del cual existe fork propietario, Cedega, desarrollada por la empresa de software Transgaming y orientada a la ejecución de juegos desarrollados para Windows bajo sistemas Unix.

#### 22.1.1. DirectX 10

Como cambio mayor en la API DirectX, DirectX 10 es lanzado junto a Windows Vista y es exclusivo de este sistema; versiones anteriores de Windows no pueden lanzar aplicaciones exclusivas de DirectX 10 de manera oficial.

Muchas partes de la API fueron sacadas en el último DirectX SDK y se mantienen únicamente con motivos de compatibilidad: DirectInput fue retirado en favor de XInput, DirectSound fue retirado por XACT con la consecuente pérdida de soporte de aceleración de

hardware, debido a nuevas características en la pila de audio de Windows Vista, la cual renderiza el audio directamente al procesador.

Para mantener una compatibilidad hacia atrás, DirectX de Windows Vista contiene muchas versiones de Direct3D:

- **Direct3D 9:** emula el comportamiento de Direct3D 9 como lo era en Windows XP. Las ventajas del nuevo *Windows Display Driver Model* de Vista no son mostradas a la aplicación si no están instalados controladores WDDM.
- **Direct3D 9Ex:** permite acceso total a las nuevas capacidades de WDDM (si están instalados controladores compatibles con WDDM) a la vez que se mantiene compatibilidad con aplicaciones Direct3D existentes. La interfaz de usuario *Windows Aero* trabaja en D3D 9Ex.
- **Direct3D 10:** Diseñada alrededor del nuevo modelo de controlador de Windows Vista y proporcionando muchas mejoras a las capacidades y flexibilidad de renderizado, incluyendo el *Shader Model 4*.

**Direct3D 10.1** es una actualización incremental de *Direct3D 10*, la cual se incluye y requiere de Windows Vista Service Pack 1. Esta *release* sólo determina algunos estándares de calidad para los fabricantes de tarjetas gráficas, a la vez que proporciona a desarrolladores más control en la calidad de la imagen.[4] También incluye una serie de nuevos requerimientos mínimos al hardware, como *Shader Model 4.1* y operaciones de punto flotante de 32-bit. *Direct3D 10.1* soporta completamente el hardware Direct3D 10, pero para acceder a las nuevas características se necesita de una tarjeta nueva.

Sin embargo hay que tener en consideración, que a pesar de que Microsoft trato de mantener en DirectX 10 cierta compatibilidad hacia atrás, hay programas (especialmente videojuegos creados previos a la aparición de DirectX 10) que requieren tener instalado algunos de los archivos de DirectX 9; pero los cuales no fueron considerados que estuvieran presentes en la versión DirectX 10. Debido a ello igualmente a los usuarios de Windows Vista, se les sugiere también haber instalado la última versión de DirectX 9.0c (actualizaciones bimensuales); con el objetivo de mejorar la compatibilidad entre Windows Vista y los programas que requieran DirectX 9 (ambas versiones de DirectX son compatibles, ya que solo serán instalados los archivos que no están presentes en la versión posterior de DirectX; con lo cual DirectX 10 aún permanecerá como la versión instalada en Windows Vista).

## 22.2. Sound Forge

Sound Forge® software es la herramienta para quienes deseen crear y editar archivos de audio profesionalmente con la más absoluta velocidad y precisión. Aclamado por ser una herramienta poderosa, estable y poseer una interfase amigable, es la forma mas rápida para dar acabados finales a cualquier muestra de audio. Sound Forge software es todo lo que usted necesita para analizar, grabar y editar audio, crear loops, digitalizar y limpiar grabaciones viejas, de cassette o vinilo, o crear masters.

### *Sound Forge 9 Professional digital audio productions suite*

Incluye todo lo que se necesita para hacer una edición y un mastering final de cualquier track de audio, Use esta suite para crear y editar canales estéreo y múltiples canales de audio muy rápido y con recisión. Analiza, graba y edita audio, digitaliza y restaura viejas grabaciones, modela envolventes acústicas, diseña audio para multimedia y hace pasterización final de cds para replicar.

Soporta plugins VST, drivers ASIO™, Aplicación de scripting, mas conversiones de formatos, Incluye CD Architect™ software con CD de soporte.

### *Un Poderoso Audio editor*

Corte , pegue, mezcle y haga cossfade, y borre audio con una facilidad y velocidad incomparables. Edite archivos en tiempo real, y trabaje un archivo mientras procesa otros en el background. Use la nueva scrub tool para encontrar rápida y fácilmente areas en su archivo de audio. Sound Forge también soporta teclados JKL , comandos por controles externos para encontrar secciones .

### *Grabaciones de Audio Profesional*

Sound Forge software cuenta con las ultimas herramientas para grabación profesional de audio. Grabe directamente en su computador por medio de su tarjeta de audio y use el Record Timer para empezar y terminar una sesión y especificar hora y fecha. Es Nuevo en Sound Forge 8 la baja latencia ya que soporta drivers - suministrando velocidad, resultados profesionales, y soporte para tarjetas adicionales.

### *Calidad de Audio*

Sound Forge soporta archivos con máxima resolución 24-bit/32-bit 192 kHz para una tener una muy alta fidelidad.

### *Efectos de Audio Profesionales*

Aplique más de 10 efectos profesionales tales como Volume, EQ, Delay, Chorus, Dynamics, Noise Gate, Pitch Shift, Flange, Vibrato, y más. Encadene múltiples efectos conjuntos y aplíquelos en secciones o en archivos completos usando el Plug-in Chainer. Sound Forge 8 Soporta también efectos DirectX y VST incluyendo parámetros de automatización para expandir el número de efectos

### *Extensive Video Support*

Sound Forge soporta múltiples formatos de video AVI, WMV, MPEG-1 y MPEG-2.\* sincroniza audio y video cuadro a cuadro . Importa archivos de flash (SWF) Incluye plantillas para el Nuevo MPEG-2 para escribir HDV-compilando archivos con una profundidad de 720p y 1080i y plantillas AVI usando el CineForm CFHD codec\* para 720p y 1080i. También incluye algunas plantillas para codificar WMV 720p y 1082p.

## **22.3. Acid PRO**

El software ACID Pro 7 es el potente motor que combina funciones completas de grabación y mezcla multipista, secuenciación MIDI y las legendarias funciones de bucles ACID para permitir una creación musical perfecta y ofrecer un entorno de postproducción inigualable. Actuando más como compañero creativo que como herramienta de producción, el software ACID Pro 7 le servirá de enorme inspiración. Con su diseño Transparent Technology™, el software ACID Pro 7 elimina las tradicionales barreras que presenta el flujo de trabajo creativo para que pueda transformar sus ideas en resultados reales sin apenas esfuerzo.

### *Grabación multipista profesional*

Para producciones en directo o en el estudio con calidad de sonido de 24 bits y 192 kHz, ACID Pro 7 dispone de un amplio conjunto de funciones para obtener el máximo rendimiento de audio. Tanto si está grabando a su banda como si está creando secuencias de estudio basadas en MIDI, ACID Pro 7 constituye la plataforma óptima para realizar grabación y producción multipista fiables: grabación por pinchazos sobre la marcha, número ilimitado de pistas de audio y MIDI, compatibilidad con superficies de control externas, procesamiento con plugins potentes y mezcla en surround 5.1.

### *Creación innovadora de música por bucles*

El software ACID Pro ha sido el líder en creación de música por bucles durante casi diez años. La versión 7 incluye todas las funciones principales de ACID Pro: asignación automática de tono y tempo, vista previa de bucles en tiempo real, número ilimitado de pistas y nuestra interfaz para seleccionar, pintar y reproducir compases. El software ACID Pro 7 también incluye más de 3.000 bucles de Sony Sound Series y 1.000 archivos MIDI para que pueda empezar a crear música directamente al adquirirlo. Información básica

### *Compatibilidad total con MIDI*

Experimente la mejor secuenciación MIDI en ACID Pro 7, con procesamiento MIDI en tiempo real y control preciso sobre eventos MIDI. Todos los datos de notas y los datos de controlador se pueden grabar y editar en la escala de tiempo con la misma facilidad que las pistas de audio. Utilice las envolventes de pista para automatizar y modificar la modulación, expresión y otros tipos de datos de controlador MIDI a lo largo del tiempo. Otras funciones

permiten grabar varias pistas de MIDI, aplicar cuantización MIDI en tiempo real, realizar filtrado y procesamiento, crear y editar patrones de batería y grabar por pasos. ACID Pro 7 también incluye más de 1.000 archivos MIDI gratuitos para creación musical. MIDI

### *Mezclas y ediciones superiores*

ACID Pro 7 cuenta con una mesa de mezclas dedicada para ofrecer un entorno de grabación flexible y eficaz. Especifique direccionamientos, asigne efectos de audio y use procesadores de efectos externos con pistas y buses. ACID Pro 7 también es compatible con la automatización de superficies de control y el seguimiento de canales para dispositivos como Mackie Control y Frontier Design TranzPort. Su herramienta exclusiva Beatmapper realiza remezclas de forma sencilla y la herramienta Chopper ayuda a crear rellenos de batería impresionantes, repeticiones y efectos propios del mejor DJ. Mezclas y ediciones

### *Compatibilidad para efectos profesionales y sintetizador software*

Amplíe su paleta de sonidos con la compatibilidad nativa para instrumentos VST así como plugins de audio de DirectX. Cree barridos de resonancia, fundidos espectaculares, cambios con el ecualizador y añada efectos con automatización de parámetros. Su compatibilidad con ReWire y ASIO le ayuda a integrar fácilmente el software ACID Pro 7 en su estudio ya existente. Control de audio

### *Herramientas de cuantización exclusiva*

Transforme bucles y pistas MIDI en sonidos nuevos y frescos con nuestras exclusivas herramientas de cuantización Groove Mapping y Groove Cloning. Cambie el ritmo de una pista, aplique distintos ritmos a la misma pista, extraiga un ritmo de un archivo y aplíquelo a otro o incluso cree ritmos personalizados. Herramientas de cuantización

### *Funciones de flujo de trabajo profesional*

Logre la máxima eficacia con las pistas de carpeta y la edición agrupada mediante las opciones arrastrar, cambio de tono, cortar, copiar y pegar secciones completas de bucles. Utilice el Grupo de clips para elegir y organizar los eventos que desee utilizar en sus composiciones. Cree cambios de tempo sutiles o dramáticos usando las nuevas curvas de tempo. Reproduzca proyectos en casi cualquier formato sin abandonar el entorno de ACID Pro 7. Compatibilidad con importación y exportación



## 23. Presupuesto resumido.

### *Coste final del proyecto*

| <i>Concepto</i>                 | <i>Coste</i>     |
|---------------------------------|------------------|
| RR.HH.                          | 44.620,00        |
| Mat. Desarrollo                 | 145,81           |
| Licencias                       | 592,27           |
| Gastos Generales (20% de RR.HH) | 8.924,00         |
| I.V.A. (16%)                    | 8.685,13         |
| <b>TOTAL</b>                    | <b>62.967,21</b> |

Tabla 23-1 - Precio final.

El coste TOTAL al que asciende el proyecto “*Sincronización automática de los mensajes de audiodescripción con una proyección de cine tradicional*” es de: **Sesenta y dos mil novecientos sesenta y siete Euros con veintiún Céntimos.**





## 25. Referencias

---

Wikipedia.

- [www.wikipedia.org/](http://www.wikipedia.org/)

DirectX.

- <http://www.microsoft.com/games/en-US/aboutGFW/pages/directx.aspx>
- [http://doc.51windows.net/Directx9\\_SDK/?url=/Directx9\\_SDK/htm/directsoundcsamples.htm](http://doc.51windows.net/Directx9_SDK/?url=/Directx9_SDK/htm/directsoundcsamples.htm)
- <http://mygamingnotes.blogspot.com/2007/05/crear-una-aplicacin-direct3d-con-visual.html>

MSDN.

- <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ee416964%28VS.85%29.aspx>

Formato de audio wave.

- <http://www.codeproject.com/KB/audio-video/CWave.aspx>